DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO
DIRETORIA DE OBRAS MILITARES

MÉTODOS MODERNOS DE CONSTRUÇÃO – MMC (EDIFICAÇÕES)

CADERNO DE BOAS PRÁTICAS
VOLUME 1

1ª EDIÇÃO - 2025

Sumário

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil desempenha um papel crucial na maneira como moldamos o ambiente ao nosso redor. É um setor que cria nossos locais de trabalho, espaços públicos e lares, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento e na evolução das organizações militares. No entanto, essa influência também traz consigo um desafio crucial: a necessidade de construir de maneira mais eficiente, tecnológica, sustentável, limpa e ágil, considerando os impactos ambientais, sociais e econômicos de nossas ações.

Ao mesmo tempo que a consciência sobre as questões ambientais cresce, a necessidade de conservação dos recursos naturais se torna mais evidente e a indústria da construção civil enfrenta maior demanda por mudanças significativas. Para tanto, faz-se necessária a adoção de métodos sustentáveis nas etapas construtivas, bem como o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente e o bem-estar das gerações presentes e futuras nos ambientes organizacionais militares. Esses métodos são conhecidos como Métodos Modernos de Construção (MMC). Diferenciam-se dos métodos convencionais por incorporarem tecnologias de ponta, processos industrializados e materiais inovadores para aprimorar a edificação de estruturas, resultando em maior eficácia, agilidade e responsabilidade ambiental.

No contexto dos MMC, os sistemas e materiais construtivos eficientes são voltados para a industrialização e racionalização da construção, o que torna a obra mais econômica devido à praticidade da montagem e instalação. A utilização desses sistemas permite economizar em diversos aspectos, tais como a redução de mão de obra (desde que seja contratado um profissional qualificado), menos tempo de obra e menos desperdício de materiais.

As tendências atuais dos MMC são:

- Sustentabilidade e eficiência energética.
- Automação e digitalização.
- Modularização e pré-fabricação.
- Impressão 3D.
- Integração de tecnologias ecológicas.

Ainda, de forma a otimizar o uso destas tecnologias, é recomendável e atualmente usada a metodologia BIM (Building Information Modeling), pois facilita a criação de documentação técnica detalhada para os métodos de construção, assegurando que todas as especificações e normas sejam atendidas. Isso é crucial para garantir a qualidade e a segurança na construção. Além de permitir a melhor compatibilização entre as diversas disciplinas que compõem o escopo de projeto para uma edificação, evitando assim erros e retrabalhos na produção dos elementos pré-fabricados e na instalação dos mesmos durante a obra.

Recentes estudos demonstram que a economicidade de uma obra produzida com métodos inovadores de construção, principalmente os sistemas painelizados, gira em torno de **15%** a **20%** do valor do custo total da obra[1]. Reduzindo o seu prazo de execução em até **50%** do tempo previsto em cronogramas iniciais[2]. A rapidez de montagem, além da fabricação dos componentes fora do local da obra, garante grande qualidade e precisão, dispensando o uso de grandes quantidades de mão-de-obra e refletindo na economia final do empreendimento.

Este caderno técnico é dedicado à explanação e promoção de métodos sustentáveis e inovadores na construção civil, guiados por orientações técnicas da Diretoria de Obras Militares - DOM. Sua concepção visa orientar todos os profissionais do setor do Sistema de Obras Militares (SOM) do Exército Brasileiro (EB), desde arquitetos e engenheiros, até construtores e terceirizados que estão contidos em nosso ambiente gerencial de obras. Além disso, a DOM fornece diretrizes e especificações básicas exigíveis para o planejamento de novas obras, em consonância com as políticas disseminadas pelo Exército Brasileiro. Para tal, os elementos construtivos deverão ser pautados nas características de flexibilidade, adaptabilidade, modularidade, elasticidade e sustentabilidade (FAMES- EB20-MF-10.102).

A seguir são apresentados alguns exemplos de sistemas e materiais construtivos eficientes, bem como suas possíveis aplicações nos Sistemas de Obras Militares.

[1] Fonte: Curso de Métodos Modernos de Construção do Instituto de Tecnologias de Industrialização das Edificações (2024) www.itie.org.br

[2] Fonte: Curso de Métodos Modernos de Construção do Instituto de Tecnologias de Industrialização das Edificações (2024) www.itie.org.br

2 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

O processo construtivo passa, primeiro, pela fase de projetação. Onde a ideia da edificação é efetivamente desenvolvida e as soluções técnicas são apresentadas de forma a tornar exequível o sistema proposto.

Em conformidade com o intuito de modernizar os métodos construtivos do Sistema Militar de Obras, faz-se necessária a modernização dos métodos projetuais também, de forma a trazer maior qualidade para o processo como um todo. Neste ponto, torna-se imprescindível o uso da metodologia Building Information Modeling (BIM).

O BIM é uma metodologia revolucionária no setor da construção civil que transforma a forma como os projetos são planejados, desenvolvidos e gerenciados. Mais do que simplemente software, o BIM é um processo integrado que utiliza modelos digitais 3D para representar física e funcionalmente um edifício ou infraestrutura durante todo o seu ciclo de vida: desde a concepção até a operação e manutenção.

A Administração Pública já exige o uso deste método nas contratações públicas de projetos e obras, através de leis e decretos que já estão em vigor, como o Decreto nº 10.306 de 2020, a Lei nº 14.133 de 2021 e o Decreto nº 11.888 de 2024.

Com o BIM, todas as disciplinas envolvidas no projeto (como arquitetura, engenharia estrutural, elétrica, hidráulica, entre outras) trabalham em um único modelo colaborativo. Isso permite que informações detalhadas e atualizadas estejam disponíveis para todos os envolvidos, promovendo eficiência e precisão em cada etapa.

Figura 01 – Modelagem BIM Multidisciplinar

O BIM permite a visualização em 3D do que está sendo projetado, permite também ensaios da obra no computador, extração automática de quantidades de um projeto, realizações de simulações e ensaios virtuais (eficiência energética), identificação

automática de interferências, geração de documentos mais consistentes e íntegros. Além também de integrar e permitir o acompanhamento da execução orçamentária e cronológica de todo a obra. Atualmente o BIM já é usado também no pós-obra, para previsão de manutenções prediais, além de outros usos.
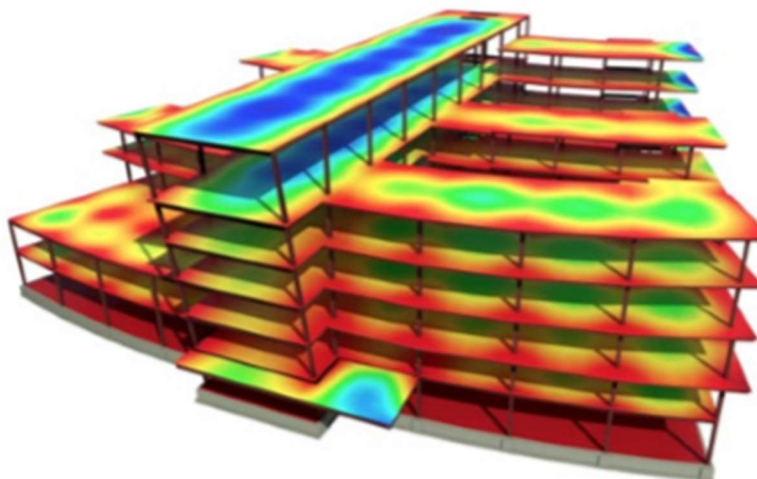
Figura 02 - Ensaio de Eficiência Energética em modelo BIM

O uso do BIM por parte da administração pública incentiva a capacitação das empresas para executarem construções mais complexas, acarretando na viabilização e a intensificação do uso da industrialização no canteiro de obras.

O BIM é uma necessidade para quem busca excelência no setor da construção. Ele proporciona uma visão integrada do projeto, minimiza riscos e potencializa os resultados.
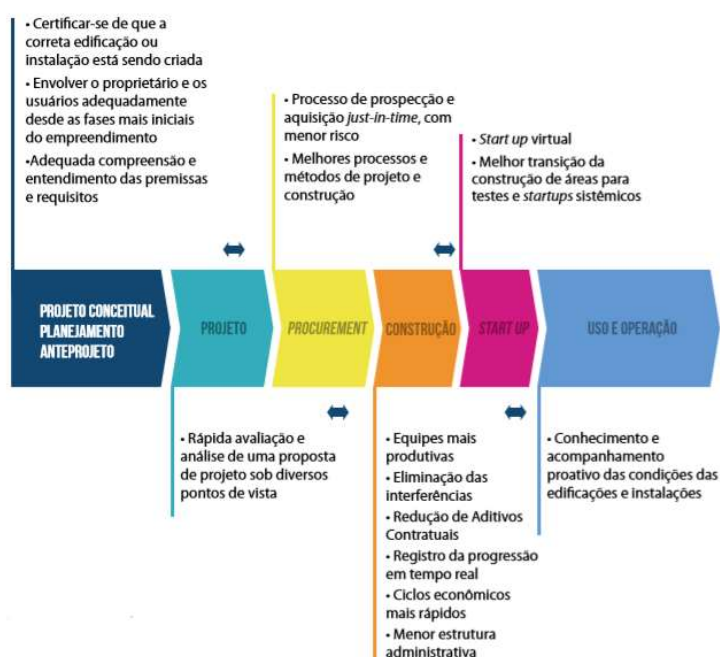
Figura 03 – Processos BIM

3 CONSTRUÇÕES MODULARES

A construção modular é um processo de construção desenvolvido por meio de módulos individuais fabricados nas indústrias, em linhas de montagem padronizadas, e montados no local da edificação. Esta metodologia é conhecida no Brasil por "construção *off-site*". Essa metodologia otimizada de construção civil incorpora velocidade de execução, precisão milimétrica, redução de desperdícios e pode ser aplicada em edificações de diferentes portes e tipologias. Além disso, no Brasil, a construção modular tem o incentivo de norma técnica, a NBR 15.873; 2010 - Coordenação Modular para Edificações.

No esforço de estabelecer uma abordagem sistemática para a criação de componentes, a coordenação modular é um instrumento de projeto destinado a compatibilizar medidas na construção civil. Nesse sentido, o módulo serve como medida padrão para todos os outros componentes da obra. Por isso, esta abordagem deve estar integrada com todos os aspectos de projeto, que vai desde a sua concepção, até a entrega do produto final e pode incluir módulos estruturais, instalações, infraestruturas, entre outros.

A possibilidade de diferentes etapas da construção serem produzidas simultaneamente é uma das grandes responsáveis pela eficiência e pela redução de prazos. Sem a necessidade de adaptações realizadas no canteiro de obras, as perdas de materiais se aproximam de zero, com grandes benefícios econômicos e para o meio ambiente. Além disso, as tecnologias existentes permitem que as soluções modulares sejam customizadas de acordo com cada projeto. Quando comparada à construção tradicional, o sistema modular é capar de alcançar resultados até 50% mais rápidos e ser até quatro vezes mais produtivo, particularmente devido à redução de problemas de obra e erros nos processos.

Figura 04 – Exemplo de módulo construtivo (a) e suas possibilidade de utilização: escola (b), hospitais (c), vestiários e banheiros (d) e refeitórios (e).

O tamanho das peças é variável e, no Brasil, é determinado pelo tamanho do veículo que será adotado para o transporte. Geralmente, são utilizados caminhões, pelo sistema rodoviário. Assim, é possível transportar módulos de até 3,20 metros de largura com comprimento de até 15 metros, que são as medidas máximas para pranchas de caminhões no Brasil. Para a altura, o limite estabelecido no país depende da altura de viadutos e fiações, sendo estabelecido como altura máxima a de 4 metros. À medida que o mercado da construção evolui, a construção modular ganha força devido à possibilidade de satisfazer suas novas exigências.

Figura 05 – Construção modular em Pelotão Especial de Fronteira: Pavilhão Comando (a) e PNR (b).

Diante da constante busca por processos mais ágeis, eficientes e sustentáveis, a construção *off-site* vem ganhando espaço na indústria da construção civil. Nesse processo, um edifício (ou parte dele) é construído de forma modular e fora do canteiro de obras. Os projetos são fabricados dentro de um ambiente controlado, com processos padronizados e um rigoroso controle de qualidade, independentemente do local de instalação. Depois de prontas, todas as partes são levadas para o terreno, previamente preparado, onde serão acopladas umas às outras. O resultado é uma edificação com as mesmas características das que são produzidas por meio dos sistemas construtivos convencionais, porém com qualidade superior e em menor tempo. A partir desse modelo construtivo, é possível resolver problemas comuns na construção civil tradicional, tais como o desperdício de material e a falta de padronização.

Figura 06 – Exemplo de construção off site para o Anexo do Hospital M'boi Mirim (São Paulo): montagem dos chassis metálicos e construção das paredes dentro da fábrica (a), recebimento dos módulos no terreno, montagem e conexão com a infraestrutura (b), construção do anexo finalizada (c).

Tabela 01 – Comparativo entre construção off-site e tradicional

CONSTRUÇÃO *OFF-SITE*	CONSTRUÇÃO TRADICIONAL
Pré-fabricada e montada no canteiro de obras	Construída no canteiro de obras
Maior mobilidade (possibilidade de desmontagem e nova montagem em outro local	Construção fixa
Menor tempo de execução (até 50% menor)	O tempo de construção pode ser impactado por agentes externos, tais como fatores climáticos e/ou mão de obra
Obra mais limpa e com taxa de desperdício próxima a zero	Taxas elevadas de produção de resíduos
Mão de obra especializada trabalhando por menos tempo	Mão de obra tradicional trabalhando por mais tempo

Outra forma de construção modular ocorre pelo uso de contêineres. Inicialmente, esses dispositivos são utilizados para transportar cargas em trens e navios. Porém, por meio de algumas técnicas especializadas, o contêiner que não será mais utilizado para transporte pode ser aproveitado na construção civil. Esse processo inclui limpeza, funilaria, serralheria, pintura, revestimentos e acabamentos. Os contêineres podem ser empilhados sem nenhuma separação (uma ao lado do outro) ou podem ser combinados com ou sem espaçamento entre eles.

Figura 07 – Exemplos de contêineres e suas dimensões possíveis.

Para assegurar o conforto do usuário e a salubridade do ambiente, o isolamento térmico do contêineres é de fundamental importância. Diante disso, existem duas formas de isolamento: interna ou externa. O isolamento interno consiste da aplicação de uma camada de 10cm de material isolante como, por exemplo, a fibra de vidro, a lã de rocha, a lã de PET, o poliestireno expandido, a espuma de poliuretano, entre outras. Esse procedimento é indicado quando se deseja preservar as fachadas metálicas do ambiente, porém, é menos eficaz devido à espessura menor de isolamento, para preservar o espaço interno. Já o isolamento externo é mais espesso e pode variar de 10cm a 30cm de material isolante. Além disso, o contêiner deve ser fixado 20cm acima do chão para evitar a entrada de umidade. Quanto aos acabamentos, pode-se utilizar *drywall* ou divisórias de MDF para os fechamentos e placas de gesso acartonado com isolamento para os forros. Também é possível adotar o uso de revestimentos externos como piso naval, que permite uso na parte superior do contêiner.

Figura 08 – Construção em contêiner: projeto para alimentação (SEBRAE/PA)

Em uma construção modular deve-se levar em consideração que o ganho de eficiência obtido pelo construtor, vem da padronização de projetos. Ela possibilita o domínio do processo e a negociação antecipada dos materiais comprados em grande quantidade. Isso faz com que as construções modulares tenham um preço competitivo em comparação aos métodos tradicionais de construção.

Figura 09 – Construção em contêiner em canteiro de obras: escritório (a), banheiros (b), almoxarifado (c), refeitório (d)

Para o SOM é interessante o uso das estruturas modulares tipo contêiner para instalações temporárias de apoio a missões emergenciais, ou em fases de transição (alocação temporária de pessoas e instalações durante processo de construção ou reforma de edifícios).

Figura 10 – Container Dobrável
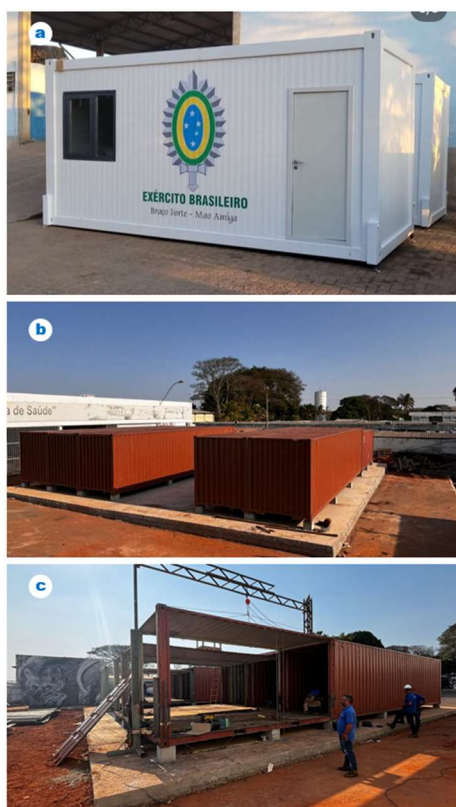
Figura 11 – (a) Conteiner para uso na Operação Taquari II (RS) (b) (c) Instalação de contêiner para alocação temporária de Companhia no 16º Blog em Brasília/DF

PRINCIPAIS VANTAGENS

Construção modular / *off-site*

1. **Maior agilidade na obra:**
O método de montagem permite que a execução seja feita em um tempo até 40% menor, quando comparado à construção tradicional

2. **Qualidade:**
A padronização reduz os erros e possibilita mais qualidade no acabamento final.

3. **Previsibilidade do orçamento:**
Como a contratação dos módulos é feita de forma antecipada e o risco de imprevistos é reduzido, é possível obter um orçamento final mais assertivo.

4. **Consumo consciente:**
A fabricação dos módulos é otimizada, com menor consumo de materiais e de energia, além da produção de resíduos próxima a zero.

5. **Segurança:**
Os trabalhadores são expostos a menos riscos ocupacionais e de acidentes no canteiro de obras, além da menor exposição às intempéries.

6. **Mobilidade**:
A modulação possibilita tanto o transporte do módulo pronto de um local para outro, quanto sua desmontagem para utilização em outro terreno.

7. **Construções Elevadas**:
Possibilidade de elevação da estrutura, o que pode ser uma boa solução para terrenos inclinados, uma vez que a área de drenagem do terreno permanece inalterada.

Contêiner

8. **Economia:**
Reduz custos com mão de obra da construção civil.

9. **Mobilidade:**
O contêiner chega ao terreno pronto para ser utilizado.

10. **Sustentabilidade:**
Além de ser um reaproveitamento do sistema de transportes de cargas, o contêiner também pode ser reutilizado.

11. **Consumo consciente:**
A fabricação dos módulos é otimizada, com menor consumo de materiais e de energia.

12. **Segurança:**
Os trabalhadores são expostos a menos riscos ocupacionais e de acidentes no canteiro de obras.

13. **Mobilidade:**
A modulação possibilita tanto o transporte do módulo pronto de um local para outro, quanto sua desmontagem para utilização em outro terreno.

A normativa brasileira relacionada às construções modulares é a ABNT NBR 15873/2010 – Coordenação Modular para Edificações

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que as construções modulares sejam adotadas nos canteiros de obras. Para as demais benfeitorias, deve-se priorizar sistemas cujas soluções de infraestrutura tenham sua logística e execução simplificadas. Podendo serem usadas, também, como instalações temporárias em situações extraordinárias.

4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS

4.1 LIGHT WOOD FRAME

O *light wood frame* (LWF) é um sistema construtivo composto por quadros estruturais de peças de madeira maciça e de fechamento em chapas de compensado ou OSB (*Oriented Strand Board,* ou painel de tiras orientadas, em português). As peças componentes dos quadros são formadas por montantes e travessas de madeira de pequena seção (em torno de 4cm x 9cm), com espaçamento de 40cm a 60cm nos eixos verticais.

A construção modulada desses componentes estruturais permite produzir edifícios rígidos, capazes de resistir a cargas de vento e de peso próprio, às cargas atribuídas à ocupação da edificação e até abalos sísmicos. Suas peças estruturais são tradicionalmente confeccionadas com madeiras de coníferas de rápido crescimento, provenientes de florestas plantadas, como as espécies de pinus cultivadas no sul e sudeste do Brasil.

Entre as vantagens apresentadas por esse sistema, pode-se citar: o uso de matéria-prima renovável; a facilidade e a agilidade de construção e de reforma; a aplicabilidade a climas quentes, frios ou úmidos; as paredes podem ser internamente preenchidas com material isolante térmico e acústico; a capacidade de atender requisitos de segurança contra incêndios; e pode ser reforçado para suportar condições extremas de vento e de abalos sísmicos.

Wood Frame

Composição de materiais com função estrutural, de isolamento térmico-acústico, vedação e acabamentos

1. Estrutura de madeira
2. Isolante térmico-acústico
3. OSB
4. Membrana hidrófuga
5. Placa cimentícia
6. Placa de gesso acartonado
7. Acabamento
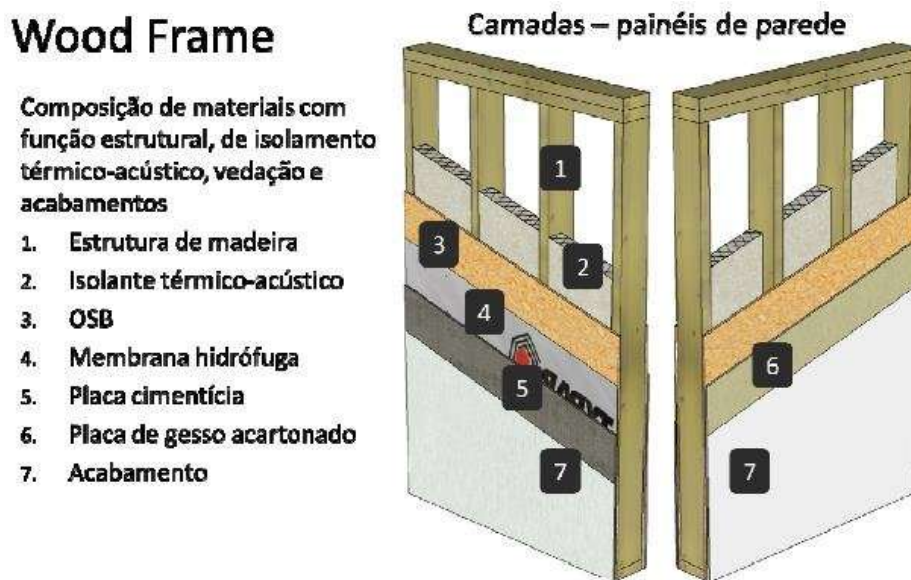
Figura 12. Composição de paredes de *Light Wood Frame*

As normativas brasileiras relacionadas à construção em *Light Wood Frame* incluem:

- Diretriz SINAT 005 (2011, 2017) – Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas leves.
- NBR 15873/2010 – Coordenação modular para edificações
- NBR 16936/2023 – Edificações em *Light Wood Frame*
- NBR 14806/2002 – Madeira serrada de eucalipto
- NBR 7190/1997 – Projeto de estruturas de madeira

Figura 13 – Exemplo de Montagem de um Sistema *Light Wood Frame*

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. **Economia de tempo**
A fabricação em ambiente controlado permite a produção eficiente e rápida dos elementos, reduzindo o tempo de construção no local.

2. **Qualidade Controlada**
A produção em fábrica permite um controle rigoroso da qualidade, reduzindo os erros de construção.

3. **Durabilidade e precisão dimensional**
As peças são produzidas em fábricas especializadas que contam com um controle de qualidade e equipamentos precisos. Por isso, existe uma maior padronização, perante a qualidade e durabilidade dos elementos estruturais nas obras.

4. **Redução de Resíduos**
Menos desperdício de materiais no local de construção devido à fabricação precisa em fábrica.

5. **Organização e eficiência do canteiro de obras**
As estruturas pré-fabricadas chegam prontas, o que impacta em mais espaço e menos sujeira na obra, evitando o acúmulo de resíduos indesejáveis e o desperdício de materiais.

6. **Agilidade na construção**
Redução do número de operários no canteiro de obras com aplicação de mão de obra especializada e qualificada, levando a padronização das tarefas e processos.

Diretrizes da DOM
Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, o sistema Light Wood Frame pode ser adotado em obras de PNR's unifamiliares.

4.2 LIGHT STEEL FRAME

O sistema construtivo *Light Steel Frame* (LSF) é formado por estruturas de aço galvanizado formadas a frio. O processo de galvanização cria um revestimento de zinco sobre a peça, o que evita corrosão e proporciona maior durabilidade às estruturas. Essas estruturas são utilizadas para formar painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes. Além disso, trabalham em conjunto com outros subsistemas, que podem ser de isolamento, de acabamento, de instalações, entre outros.
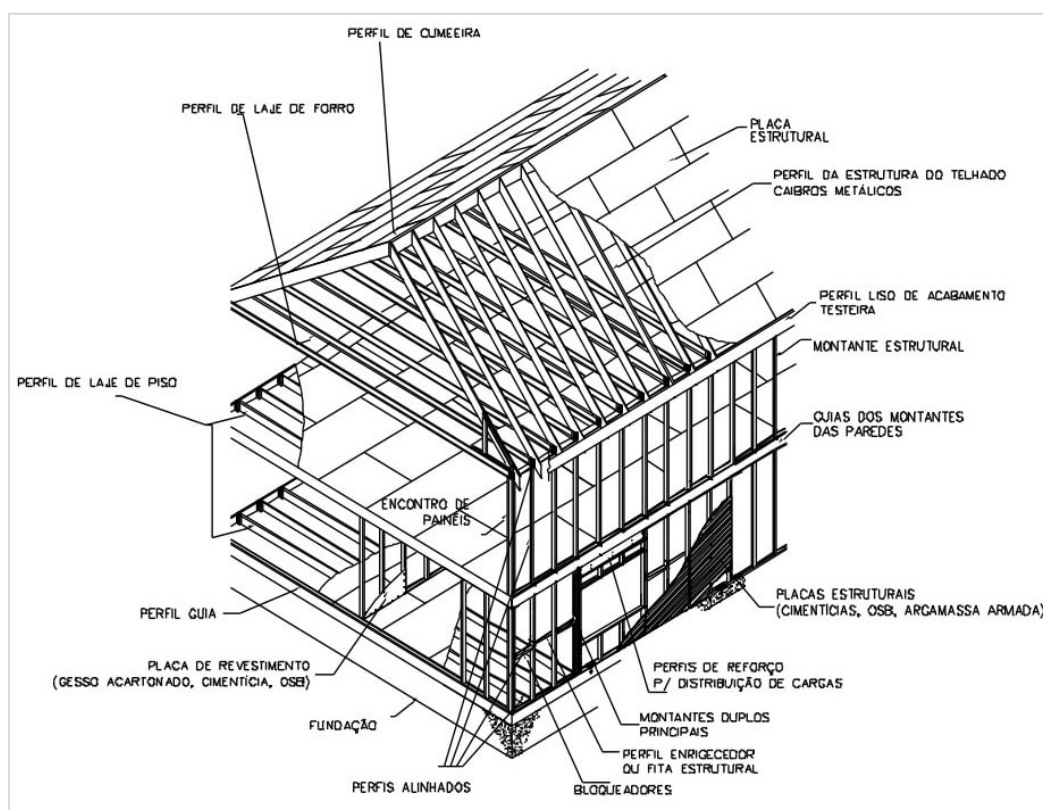
Figura 14– Exemplo de uma construção em *light steel frame*.

No LSF, as paredes possuem função estrutural e montantes metálicos, estruturados internamente a cada 40cm ou 60cm. Esses perfis também são utilizados para a construção de lajes, estruturas do telhado e elementos de fachada. Com relação às vedações, é possível utilizar, para as paredes internas, diversas soluções construtivas como gesso acartonado, placa cimentícia ou placa de OSB (*Oriented Strand Board*). Já para as paredes externas, também é possível adotar placas de OSB, desde que estejam associadas à uma barreira hidrófuga. Também é possível utilizar placas de EPS (Poliestireno Expandido), revestido, placa cimentícia, telha metálica, réguas de madeira ou de PVC.
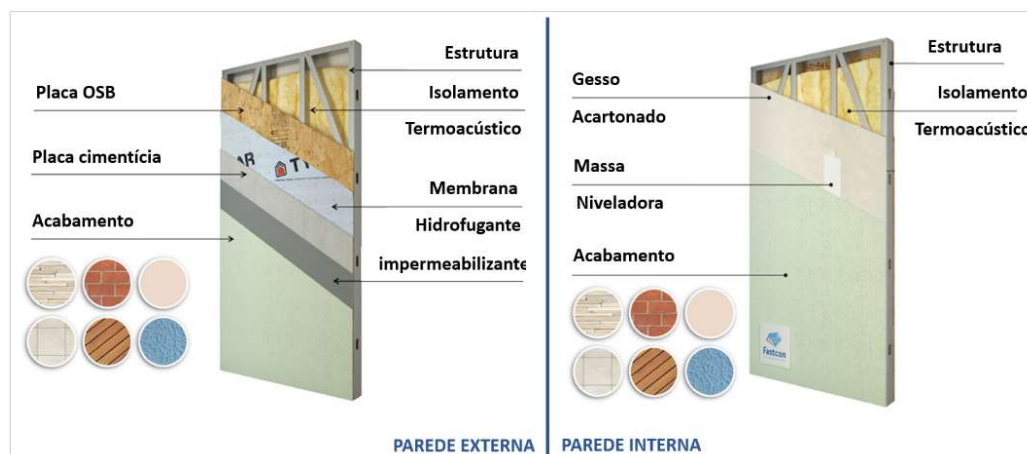
Figura 15 – Exemplo de paredes de fechamento para LSF

As estruturas de aço leve requerem menor manutenção ao longo do tempo, uma vez que o aço é menos suscetível a rachaduras e deterioração. Seus elementos podem ser desmontados e substituídos com facilidade, o que facilita a manutenção e permite reforçar ou substituir diversos elementos da estrutura. Além disso, a distribuição das instalações é arranjada entre os perfis, o que facilita os consertos e evita a quebra de superfícies muito grandes. Também é possível acrescentar *shafts* em pontos estratégicos da edificação, para facilitar manutenções posteriores.

Figura 16– Exemplo de construção com estrutura em *light steel frame*

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Redução do prazo de execução da obra:
O tempo de construção com LSF pode ser até 1/3 menor, quando comparadas com o sistema convencional.

2. Organização do canteiro de obras:
A estrutura em aço é inteiramente pré-fabricada e, por isso, apresenta uma melhor organização do canteiro de obras, devido à ausência de grandes depósitos de materiais como, por exemplo, areia, brita, cimento, madeiras, ferragens, entre outros.

3. Estrutura leve e resistente:
As estruturas de aço pesam de 6 a 10 vezes menos que as estruturas de concreto (sem as lajes). Essa diferença pode representar, por exemplo, economias no dimensionamento das fundações, além de dispensar maquinário e transporte para cargas pesadas. Além disso, apresenta resistência à corrosão, que é um resultado do revestimento das peças com zinco.

4. Redução dos custos da obra e previsibilidade do orçamento:
A construção em LSF permite calcular todos os materiais necessários para uma obra. Além disso, por ser um processo de industrialização feito fora do canteiro de obra, há uma redução quanto ao consumo de água, luz, mão de obra, transporte, depósito de agregados graúdos e miúdos, bem com um desperdício mínimo de material. Sua leveza estrutura permite uma economia de até 75% no custo da fundação comparado aos sistemas construtivos convencionais.

5. Sustentabilidade:
O aço é um material totalmente reciclável. A montagem de um sistema construtivo em LSF dispensa o uso de água e ainda possibilita bom isolamento térmico e acústico, o que torna os edifícios mais eficientes energeticamente.

O LSF pode ser utilizado em diversos tipos de construção, no entanto, sua principal restrição é a altura. Por se tratar de um sistema estrutural leve, não é indicado para construções com mais de cinco pavimentos. As normativas brasileiras que especificam os requisitos mínimos desse tipo de sistema construtivo são:

- ABNT NBR 16970-1/2022 - *Light Steel Framing:* Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Parte 1: Desempenho;
- ABNT NBR 16970- 2/2022 - *Light Steel Framing:* Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Parte 2: Projeto estrutural;
- ABNT NBR 16970- 3/2022 - *Light Steel Framing:* Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Parte 3: Interfaces entre sistemas;
- ABNT NBR 6.355/2003 - Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização;
- ABNT NBR 14.762/2001 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento;
- DIRETRIZ SINAT Nº 003 - Sistemas construtivos em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamento em chapas delgadas (sistema leves tipo *Light Steel Framing*).

Diretrizes da DOM
Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que o sistema *light steel frame* seja adotado nas seguintes situações: Escolas, Hospitais, Ranchos, Edifícios em geral de até 5 pavimentos e ampliações de edificações existentes.

4.3 PAINÉIS ISOLANTES ESTRUTURAIS (SIP)

São painéis de construção de alto desempenho usados na construção de pisos, paredes e telhados de casas térreas, sobrados, edifícios residenciais e comerciais leves. Os painéis SIP são feitos intercalando um núcleo de isolamento de espuma rígida entre dois revestimentos estruturais, como a placa de MgO (óxido de magnésio), placa cimentícia ou de placa de OSB (*Oriented Strand Board*), formando o que muitos chamam de "painel sanduíche". São fabricados *off-site* e montados no local, tornando a obra muito rápida e, consequentemente, mais econômica.

Os SIP são fabricados sob condições controladas pela fábrica e podem ser projetados sob medida para cada projeto. O resultado é um sistema de construção extremamente forte, energeticamente eficiente e econômico. Construir com SIP economiza tempo, dinheiro e mão de obra.
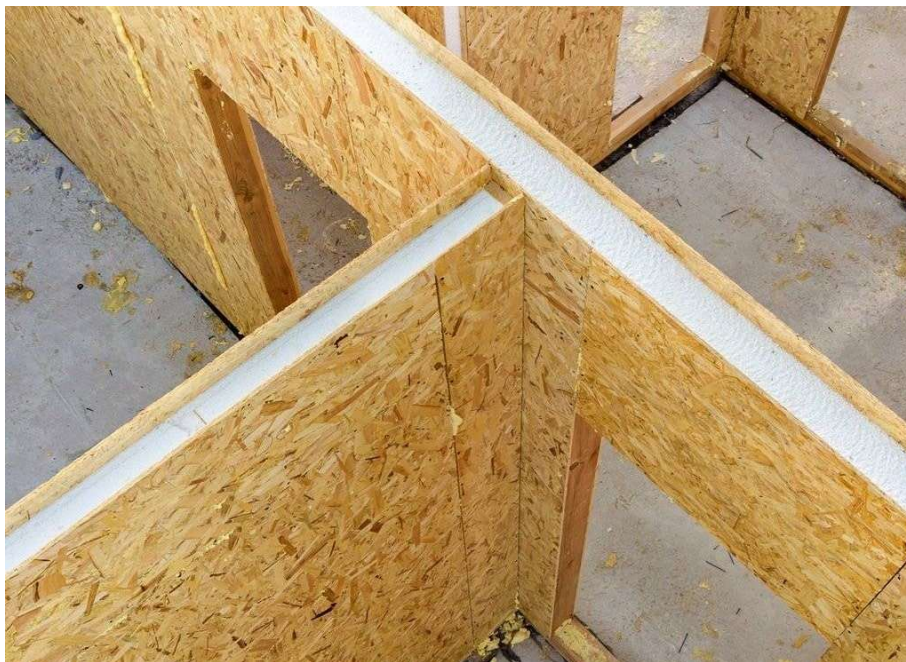
Figura 17 - Paredes em Painéis SIP

O painel SIP consiste em um "sanduíche" que tem no núcleo o material leve, geralmente de espuma de poliestireno EPS (isopor). Recentemente com novas tecnologias de espuma no mercado, estão sendo utilizados blocos de espuma mais densos como o XPS (Poliestireno expandido) bem como o PUR (poliuretano) e o PIR (poliisocianurato), oferecendo maior resistência mecânica, estrutural e melhorias significativas no isolamento térmico e acústico. Os fechamentos laterais são feitos com placas de OSB, placas MgO ou placas cimentícias. A placa cimentícia apresenta algumas vantagens, tais como: maior resistência estrutural, não propaga o fogo e oferece melhor acabamento.
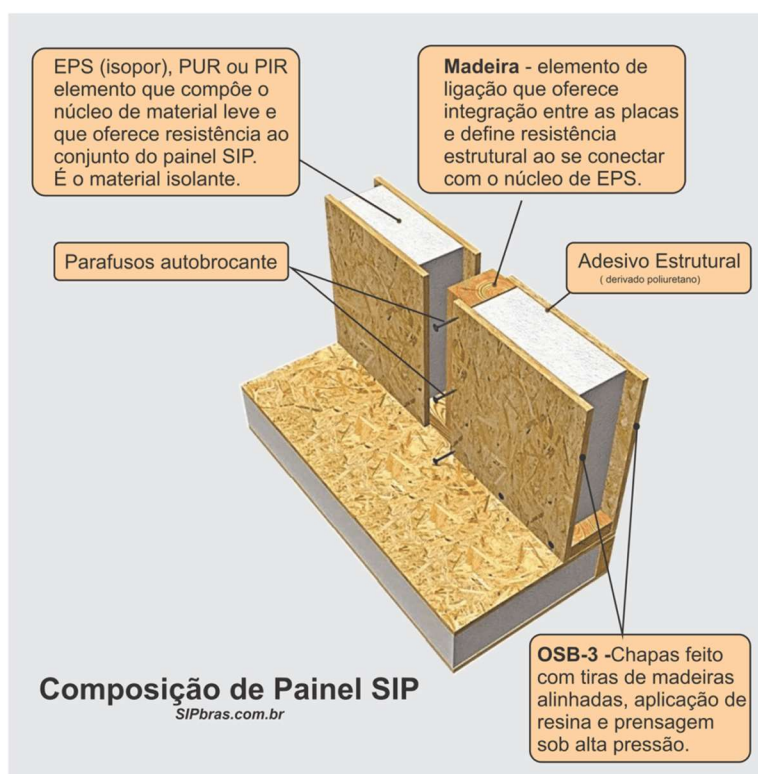
Figura 18 – Composição do Painel SIP

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Redução do prazo de execução da obra:
O tempo de construção com painéis SIP pode ser consideravelmente menor, quando comparadas com o sistema convencional.

2. Organização do canteiro de obras:
A estrutura painelizada é inteiramente pré-fabricada e, por isso, apresenta uma melhor organização do canteiro de obras, devido à ausência de grandes depósitos de materiais como, por exemplo, areia, brita, cimento, madeiras, ferragens, entre outros.

3. Estrutura leve e resistente:
Apresentam grande resistência a cargas de vento e atividade sísmica. Sua resistência mecânica possui propriedades estruturais similares aos de uma viga I de aço.

4. Redução dos custos da obra e grande precisão:
A construção em SIP permite calcular todos os materiais necessários para uma obra. Além disso, por ser um processo de industrialização feito fora do canteiro de obra, há uma redução quanto ao consumo de água, luz, mão de obra, transporte, não há necessidade de depósito de agregados graúdos e miúdos. Os painéis chegam na obra com cortes precisos e nas dimensões planejadas, para o encaixe rápido e correto de portas e janelas sob medida, evitando problemas, com muito pouca necessidade de reparos posteriores.

5. Sustentabilidade:
Desempenho térmico contínuo

As normativas brasileiras relacionadas à construção com Painéis Isolantes Estruturais incluem:

- NBR 15575-4 – Edificações habitacionais - Desempenho
- NBR 11752/2016 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial

Além dos itens mencionados, ainda existem outros sistemas construtivos:

- *Cross-Laminated Timber* (CLT), que consiste em painéis de madeira laminada cruzada, resultando em um material estrutural de alta resistência e versatilidade. Também apresenta uma robustez estrutural devido à configuração das camadas de madeira em ângulos alternados. São eficazes em manter o conforto térmico e acústico dos espaços internos;
- Madeira laminada colada (MLC), que consiste em um material composto por camadas de madeira unida por adesivos, resultando em um material uniforme e resistente. Também apresenta uma beleza natural que agrega valor ao design interior e exterior das edificações, além de conferir responsabilidade ambiental, pois é feita com uso de madeira de fontes sustentáveis.

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é possível o uso do sistema de painéis SIP para construção de PNR's unifamiliares.

5 SISTEMAS ESTRUTURAIS

5.1 ESTRUTURAS PRÉ-FABRICADAS EM CONCRETO

No cenário dinâmico da construção civil, onde demandas por eficiência, sustentabilidade e inovação são cada vez mais prementes, os elementos pré-fabricados despontam como uma opção para a maneira que concebemos e realizamos os projetos construtivos. No entanto, as definições entre estruturas pré-fabricadas e pré-moldadas ainda são tratadas como sinônimos e deixam de considerar algumas diferenças entre esses dois processos construtivos.

Os elementos pré-moldados em concreto, geralmente, são produzidos no canteiro de obras, pela moldagem em uma forma reutilizável, em um espaço destinado para a produção dos componentes que serão utilizados. Desse modo, a inspeção dos elementos se dá individualmente ou em lotes por profissionais da própria construtora, não constando um rígido controle da mão de obra e material. Já as estruturas de concreto pré-fabricadas, por sua vez, possuem um alto rigor de qualidade, que avalia cada fase do processo de fabricação. Além disso, passam por catalogações como registro de data, tipo de concreto e aço utilizados, atrelado às assinaturas dos responsáveis. Sendo assim, a principal diferença entre essas tipologias construtivas remete à industrialização da produção e o alto rigor de controle tecnológico das peças estruturais produzidas. Por isso, as estruturas pré-fabricadas proporcionam maior qualidade final das peças e reduzem a exigência de mão de obra para sua execução.

A metodologia de execução das estruturas pré-fabricadas abarca a produção de componentes como, pilares, vigas, paredes, lajes e outros elementos estruturais, em uma instalação fora do local da construção, geralmente em uma fábrica. Esses elementos são transportados para o local da obra onde, posteriormente, são montados e interligados por uma empresa especializada.

Figura 19 – Exemplo de construção de pavilhão em estrutura pré-fabricada: (a) Pavilhão Manutenção de Viaturas Blindadas – 3° RCC e (b) Pavilhão Manutenção de Viaturas Blindadas - 15º B Log.

Nesse contexto, as estruturas pré-fabricadas apresentam uma série de vantagens em todas as fases de uma obra: permitem maior rapidez no processo construtivo, atrelado ao rigoroso controle tecnológico, que proporciona maior qualidade final das peças e reduz a exigência da mão de obra qualificada para sua execução. Esses fatores também tornam as obras mais organizadas, seguras e sustentáveis, visto que o processo de fabricação otimizado reduz expressivamente o desperdício de insumos, contribuindo para a minimização do impacto ambiental.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Economia de tempo
A fabricação em ambiente controlado permite a produção eficiente e rápida dos elementos, reduzindo o tempo de construção no local.

2. Qualidade Controlada
A produção em fábrica permite um controle rigoroso da qualidade, reduzindo os erros de construção.

3. Durabilidade e precisão dimensional
As peças são produzidas em fábricas especializadas que contam com um controle de qualidade e equipamentos precisos. Por isso, existe uma maior padronização, perante a qualidade e durabilidade dos elementos estruturais nas obras.

4. Previsibilidade de custos
Com a utilização das estruturas em pré-moldado, o risco de ocorrerem imprevistos de ordem financeira na obra é reduzido, visto que é de ciência dos gestores o custo das peças ao cotar as estruturas.

5. Redução de Resíduos
Menos desperdício de materiais no local de construção devido à fabricação precisão em fábrica.

6. Organização e eficiência do canteiro de obras
As estruturas pré-fabricada chegam prontas, evitando a execução do concreto no canteiro de obras, o que impacta em mais espaço e menos sujeira na obra, evitando o acúmulo de resíduos indesejáveis e o desperdício de materiais.

7. Agilidade na construção
Redução do número de operários no canteiro de obras com aplicação de mão de obra especializada e qualificada, levando a padronização das tarefas e processos.

8. Resistência ao fogo
Maior Tempo de Resistência ao Fogo(TRF) e durabilidade das peças estruturais em casos de incêndio.

As normativas brasileiras relacionadas a alguns dos principais normativos técnicos e normas ABNT relacionados a estruturas pré-fabricada incluem:

- ABNT NBR 9062/2017 - Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- ABNT NBR 6120/2019 - Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações;
- ABNT NBR 6123/2013 - Forças devidas ao vento em edificações;
- ABNT NBR 12655/2015 - Concreto de cimento Portland: Preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento.

Diretrizes da DOM
Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que as seguintes estruturas, sejam projetadas e executadas em pré-moldado: Pavilhões Garagem, Pavilhões Pedagógico, Pavilhões Administrativos e Pavilhões Almoxarifados.

5.2 ESTRUTURA METÁLICA

Diante do avanço tecnológico na área da engenharia civil, o ramo da construção civil vem buscando a cada dia inovar no seu processo construtivo, desse modo, as estruturas metálicas têm possibilitado aos engenheiros e arquitetos, diversas soluções arrojadas, eficientes e de elevada qualidade. Atualmente, o uso do aço em obras pode ser observado em diversos projetos como aeroportos, centros logísticos de distribuição, edifícios corporativos, hotéis, entre outros; atestando a vasta contribuição que a construção em estrutura metálica oferece ao mercado para que tenhamos obras cada vez mais rápidas, eficientes e sustentáveis.

Por ser um material de elevada resistência e ao mesmo tempo leve, flexível, versátil e econômico, as estruturas metálicas surgem como uma alternativa às de concreto armado na construção civil. Entre os principais benefícios do uso desta liga podemos citar, por exemplo: o melhor aproveitamento de espaço, a redução de custos, a maior precisão estrutural, a maior liberdade criativa em projetos e o menor impacto ambiental.

O aço possui inúmeros usos dentro da engenharia, servindo como matéria-prima na confecção de vigas, pilares, chapas, barras, canos, tubos, perfis e até telhas. Em construções, pode aparecer tanto em edificações, para a montagem de uma estrutura-base, quanto na forma de armaduras e, como complemento ao concreto armado. Sendo assim, as propriedades do aço são extremamente relevantes no campo das estruturas metálicas, pois são nelas que se baseiam o projeto e execução, atreladas ao conjunto de propriedades da elasticidade, plasticidade, ductilidade, fragilidade, resistência, fluência, fadiga e dureza.

Figura 20 – Execução de Galpão em Estrutura Metálica (a), Execução de Estrutura Metálica de Cobertura, Pilares e Vigas (b)

Perante o exposto, seguir as normas de regulamentação para o planejamento e execução dos projetos é imprescindível, pois o conhecimento dos regulamentos permite aos profissionais identificar os materiais adequados para a edificação da obra, além de possibilitar a tomada de decisões assertivas e prevenir problemas que possam futuramente comprometer a estrutura da obra.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Racionalização da construção, maior precisão nas peças estruturais e menor margem de erro:
A estrutura metálica é considerado um processo construtivo industrializado, no qual as peças chegam preferencialmente ao canteiro de obras já prontas, ou à serem executadas de acordo com as dimensões milimétricas especificadas em projeto. Dessa maneira, o processo construtivo apresenta baixo índice de perdas, maior organização no canteiro de obras e racionalização das etapas construtivas.

2. Versatilidade de Design e Tamanho:
As estruturas metálicas podem ser fabricados em uma variedade de formas e tamanhos, de acordo com a solicitação do projetista, permitindo uma fácil adaptação a diferentes elementos e necessidades do projeto. A versatilidade no design é especialmente útil quando existe restrições de espaço, atrelado a necessidade de vãos mais amplos.

3. Eficiência na Instalação e Menor Prazo de Execução:
A montagem e instalação de estruturas metálicas tendem ser mais rápidas se comparada a outras opções, proporcionando a aceleração no cronograma da obra, resultando em economia de tempo e, consequentemente, custos.

4. Redução das Cargas na Fundação:
A estrutura metálica é mais leve, o que resulta na diminuição da fundação ou em sua robustez. Dessa maneira, os projetos tendem a obter uma certa economia perante o aspecto financeiro nas peças da fundação.

5. Sustentabilidade:
Os materiais metálicos são recicláveis, o que contribui para práticas construtivas mais sustentáveis, podendo ser reutilizáveis e reciclados quando chegar ao fim de sua vida útil. Além disso, a montagem das estruturas metálicas gera pouco resíduos.

Alguns dos principais normativos técnicos e normas ABNT relacionados a estruturas metálicas incluem:

- NBR 8681/2004 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 14762/2010 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio;
- NBR 15980/2020 – Perfis laminados de aço para uso estrutural – Dimensões e tolerâncias;
- NBR 14323/2013 –Projeto de estrutura de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio;
- NBR 6118/2023 – Projetos de estruturas de concreto;
- NBR 6123/2023 –Forças devidas ao vento em edificações;

Diretrizes da DOM
Para as obras do Sistema de Obras Militares é desejável que as estruturas metálicas, seja adotadas nas seguintes situações: Escolas, Hospitais, Ranchos, Ginásio Poliesportivo, Pavilhão Garagem e ampliações de edificações existentes.

5.3 LAJE STEEL DECK

O *steel deck* é uma laje mista composta por vários elementos: telha de aço galvanizado, concreto estrutural, tela nervurada, conectores de cisalhamento e armadura adicional. Nesse sistema, a telha de aço galvanizado funciona como forma para o concreto (usinado ou convencional) e como armadura positiva para todo o restante da estrutura. Já a tela nervurada é um componente que deve ser colocado a cerca de 20 milímetros da face superior do concreto, cujo o objetivo é absorver esforços de tração e combater efeitos de retração durante a cura do concreto, além de colaborar na distribuição dos esforços prevenindo possíveis. Por fim, enquanto os conectores de cisalhamento (pinos com cabeça) asseguram a interação da estrutura de aço com a estrutura de concreto, o uso de armadura adicional ocorre, apenas, quando o aço da telha galvanizada não consegue suportar todos os esforços de flexão, por si só.

Figura 21 – Exemplo de composição de laje *steel deck*

As formas de chapa de aço não necessitam de uma manutenção regular em suas condições de uso normais. Porém, o aparecimento de manchas de oxidação na parte inferior da chapa de aço indica infiltração de água na laje, seja por vazamentos em tubulações ou por fissuras em lajes de cobertura. Nesse caso, deve-se solucionar a origem dos vazamentos, remover a oxidação por meios químicos ou mecânicos e, posteriormente, realizar a zincagem a frio de toda a chapa.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Redução do uso de escoramento:
No sistema *steel deck* os escoramentos são eliminados por completo ou de forma parcial, principalmente nos para vãos que variam entre 2 e 4 metros.

2. Redução do desperdício de materiais:
O método do *steel deck* minimiza de forma significativa o descarte de materiais, uma vez que dispensa o uso de fôrmas, além de ser executado sob medidas especificas.

3. Agilidade e redução de mão de obra:
Este sistema construtivo possibilita uma execução diária média, que varia entre 500m² a 750m², ao considerar duas pessoas trabalhando em sua montagem. Dessa forma, o steel deck contribui tanto para a redução de mão de obra, quanto para o prazo final.

4. Segurança:
Devido a sua característica autoportante, o sistema steel deck pode funcionar como plataforma de serviço protegendo os trabalhadores que a estão executando, o que reduz as chances de acidentes.

As normativas brasileiras relacionadas à laje *stell deck* são as seguintes:

- ABNT NBR 16421/2023 - Telha-fôrma de aço colaborante para laje mista de aço e concreto: Requisitos e ensaios;
- ABNT NBR 8800/2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios;
- ABNT NBR 6118/2003 - Projeto de estruturas de concreto: Procedimento.

Diretrizes da DOM

Para as obras do Sistema de Obras Militares é recomendável que as estruturas de Lajes *Steel Deck*, sejam adotadas nas seguintes situações: Escolas, Ranchos, Pavilhões Garagem e ampliações de edificações existentes.

6 FECHAMENTOS

6.1 PAREDES DE DRYWALL (gesso acartonado)

O *drywall* consiste em um moderno sistema de construção a seco, composto por chapas de gesso aparafusadas em estruturas de aço e pode ser uma alternativa para a substituição da alvenaria tradicional, particularmente em paredes internas. Atualmente no mercado da construção civil existem diversos tipos de placas de gesso acartonado, cada uma projetada para atender a necessidades exclusivas em termos de projeto e condição específica do ambiente que será instalada, seja direcionada ao isolamento acústico, resistência ao fogo (RF), resistência à umidade (RU), standard ou regular, estruturada, e diversas outras características.

Quando comparado à alvenaria tradicional, as paredes de gesso acartonado, têm custo reduzido, menor tempo para instalação e menor necessidade de mão de obra. Além disso, possibilita maior limpeza e organização do canteiro de obras, bem como a diminuição efetiva da geração de entulho.

A versatilidade do gesso acartonado permite a aplicação em diferentes tipos de forros, adaptando-se a necessidades específicas de cada projeto, seja em residências, escritórios, estabelecimentos comerciais, ambientes hospitalares, instituições educacionais ou espaços industriais, o material oferece uma gama de soluções práticas e eficientes. Desse modo, devido às características do material, o gesso acartonado é capaz de atender exigências primordiais de desempenho desde à estética, perpassando por caracteres funcionais e estruturais, seja na busca por ambientes mais leves, flexíveis ou com propriedades específicas voltadas à atender determinada demanda tipificada em projeto. Ressalta-se que a manutenção e reparos no pós obra, é um forte aliado do sistema, visto a facilidade em sua execução e o reaproveitamento das peças aplicadas.

Figura 22 – Parede de gesso acartonado

Para a manutenção do gesso acartonado, deve-se atentar para o aparecimento de trincas, furos ou avarias. Essas imperfeições devem ser reparadas o quanto antes para evitar infiltrações e danos relacionados à umidade. Esses ajustem podem ser feitos por meia da aplicação de uma camada de massa pronta para paredes de gesso acartonado (Figura 26a), seguida da aplicação de fita de papel para juntas (Figura 26b), e nova camada de massa (Figura 26c). Caso haja a necessidade de cortar uma pequena área na parede para realizar serviços de manutenção nas instalações, o processo de reparo é semelhante, com o uso de massa e fita. No entanto, isso só poderá ser feito depois do encaixe de um novo pedaço de gesso acartonado no local do reparo, parafusado nos pontos de apoio dos perfis ou tacos. Após a secagem do local, é possível prosseguir com as etapas de acabamento (Figura 26d).

Figura 23 – Exemplo de manutenção de parede de gesso acartonado

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. **Leveza estrutural**
As paredes de gesso acartonado são mais leves do que as paredes de alvenaria. Isso facilita o transporte, o manuseio e reduz a carga nas fundações.

2. **Flexibilidade**
Possibilita maior personalização dos ambientes e proporciona maior agilidade no caso de adaptações

3. **Isolamento térmico e acústico**
É possível adicionar materiais fibrosos às placas de gesso acartonado como, por exemplo, lã de vidro ou lã de rocha, para assegurar o isolamento termoacústico da parede.

4. **Rapidez na construção**
A montagem rápida das paredes de gesso acartonado, economiza tempo de obra e reduz custos de mão de obra.

5. **Resistência ao fogo**
As placas de gesso acartonado que compõem gesso acartonado podem ser fabricadas com materiais retardantes de fogo.

6. **Facilidade e baixo custo de manutenção**
As paredes de gesso acartonado permitem acesso facilitado em caso de reparos em instalações elétricas, hidráulicas ou de telecomunicações, o que reduz os gastos com manutenção.

7. **Sustentabilidade**
O índice de descarte desse tipo de material não passa de 5%, o que reduz significativamente a produção de entulho. Além disso, o gesso utilizado na composição do gesso acartonado é um material reaproveitável.

As normativas brasileiras relacionadas às paredes de gesso acartonado, no que diz respeito à materiais, projetos, procedimentos de montagem e desempenho, são as seguintes:

- ABNT NBR 15.758-1/2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall.* Projeto e procedimentos executivos para montagem - Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes
- ABNT NBR 15.758-3/2009 - Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall.* Projeto e procedimentos executivos para montagem - Parte 3: Requisitos para sistemas usados como revestimentos;
- ABNT NBR 14.715-1/2010 – Chapas de gesso para *drywall:* Requisitos;
- ABNT NBR 14.715-2/2010 – Chapas de gesso para *drywall:* Métodos e ensaio;
- ABNT NBR 15.217/2018 – Perfis de aço para sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall*;
- ABNT NBR 16.831/2020 – Chapas de gesso diferenciadas para *drywall*: Classificação e requisitos.

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que os fechamentos em gesso acartonado sejam utilizados, preferencialmente, em paredes internas, e sempre que possível, utilizar o gesso acartonado no teto/forro dos ambientes.

6.2 PLACA CIMENTÍCIA

A placa cimentícia é um componente produzido de forma industrial, com cimento e agregados minerais leves ou fibras, celulose, minerais, entre outros. Confere ampla versatilidade de uso, podendo ser utilizada em paredes internas e externas, áreas secas e úmidas, fachadas, beirais e oitões, *shafts*, módulos construtivos *steel framing*, dentre outros usos, incluindo até mesmo fechamentos curvos (paredes curvas).

Além disso, as placas oferecem uma relação de custo-benefício decorrente de uma redução dos custos com mão de obra e com o desperdício de material, uma vez que geram pouco entulho, são recicláveis e seu resíduo é classificado como não perigoso; além do tempo rápido de construção. Também proporcionam um ganho de área útil e uma menor sobrecarga nas fundações e lajes.

As placas apresentam uma performance técnica eficiente por serem flexíveis, com fácil manuseio, boa durabilidade, estabilidade e resistência à umidade. Por serem impermeáveis, podem ser usadas em áreas secas ou molhadas. Além disso, são incombustíveis, inoxidáveis e resistentes a impactos, à flexão, intempéries, fungos, insetos, roedores, dentre outros.
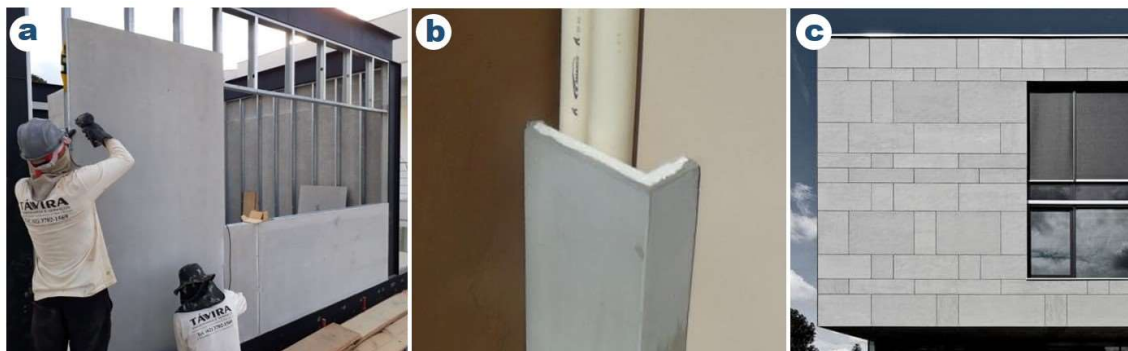
Figura 24 – Exemplo de aplicação da placa cimentícia: paredes (a), *shaft* (b) e na fachada (c).

A manutenção necessária a ser realizada nas placas cimentícias é sua limpeza e, se necessário, repintá-las periodicamente, garantindo o prolongamento da sua longa vida útil.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Execução rápida na obra
As placas cimentícias têm instalação rápida e simples quando realizada por profissionais capacitados, agilizando e reduzindo o tempo final da obra.

2. Material resistente
Este material possui alta capacidade de resistência e sua impermeabilização resiste ao contato com água. A placa é resistente ao fogo, ataque de insetos, chuva, vento e calor extremo.

3. Obras e reformas mais limpas
A geração de entulho é praticamente inexistente o que permite uma obra mais limpa, reduzindo os custos com o descarte de resíduos.

4. Acesso a instalação hidráulica e elétrica
A instalação hidráulica e elétrica com o uso das placas cimentícias é facilitada, já que os espaços internos existentes entre as estruturas simplificam o processo.

A normativa brasileira relacionada à placa cimentícia, é possível citar:

- ABNT NBR 15498/2021 – Chapas cimentícias reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas – Requisitos e métodos de ensaio.

Diretrizes da DOM
Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que seja utilizada de Placa Cimentícia nas seguintes situações: *shafts*, fechamento nas reformas em geral e ampliações e adequações de edificações existentes.

6.3 PAINEL MONOLÍTICO (EPS)

Painéis monolíticos são placas de poliestireno expandido (EPS), sobrepostas por malhas de aço leve de alta resistência interligadas por barras de aço. Este sistema utiliza malhas e barras de aço que variam de acordo com sua estrutura. Além disso, o painel leva uma armação estrutural em seu interior. Isso permite que ele seja utilizado como parede estrutural e, portanto, reduza a necessidade do uso de pilares e vigas.

Dessa forma, os painéis monolíticos são compostos por:

- Núcleo central de poliestireno expandido, não tóxico, auto extinguível, quimicamente inerte e de densidade e morfologia variável com o modelo do painel (10 kg/m3); e
- Redes de armaduras eletrossoldadas, de aço trefilado e galvanizado, colocadas em ambas as faces do poliestireno expandido e ligadas entre si por conectores do mesmo material. Os diâmetros dos varões variam com o modelo do painel e a direção da armadura.

Figura 25 – Bloco Monolítico EPS

Por se tratar de um sistema construtivo bastante diferente do tradicional, a utilização de painéis monolíticos exige cuidados especiais. Isoladamente, o EPS não expande ou retrai mediante calor ou frio. Porém, o aço e a argamassa estrutural, que compõem o sistema, trabalham de acordo com suas propriedades. Sendo assim, para evitar fissuras na argamassa, as juntas devem ser tratadas com produtos adequados como, por exemplo, massas elastoméricas, selantes à base de poliuretano e impermeabilizantes.

Os painéis monolíticos costumam chegar na obra em forma de placas de isopor com as armaduras já feitas. Quando houver a necessidade de fazer alguma emenda ou recorte, o engenheiro responsável deve acompanhar de perto a execução da obra e verificar como fazer o reforço da armação do painel monolítico. Isso é importante ao

estabelecer aberturas para portas, janelas e fazer os furos para estrutura hidráulica e elétrica, bem como nas emendas de um painel com outro.

Com relação ao tipo de fundação a ser adotado, para obras com painéis monolíticos autoportantes, normalmente utilizam-se fundações do tipo radier. Porém, é possível utilizar outros tipos de fundação – como, por exemplo, vigas sobre estacas ou sapatas corridas, dependendo do tipo de obra e especificações do projetista estrutural. No caso de reformas e ampliações, os painéis monolíticos podem ser fixados sobre lajes existentes, desde que tenham capacidade de carga condizente.

Um dos principais cuidados na execução de paredes com painéis monolíticos de EPS é a garantia do prumo das peças. As placas têm que ficar absolutamente retas. Caso os painéis não fiquem bem alinhados, haverá mais gastos com argamassa, o que resultará em desperdício de material e tempo, além de acrescentar peso às paredes.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. **Economia**
Os painéis monolíticos contribuem para a diminuição dos custos com armações de ferro, lajes e outros materiais. Afinal, são autoportantes e diminuem a necessidade de elementos estruturais como pilares e vigas.

2. **Baixa Condutividade Térmica**
Em sua composição, o EPS tem pequenas bolhas de ar que cumprem o papel de isolante térmico.

3. **Baixo Peso**
Os painéis monolíticos devem utilizar o EPS com densidade de, no mínimo, 10 kg/m³ (tipo 1), e pesam no máximo 90 kg/m². Em comparação, uma parede de blocos cerâmicos chega aproximadamente a 220 kg/m². Portanto, por serem mais leves, os painéis de EPS facilitam a mão de obra e geram mais agilidade para a obra.

4. **Resistência Mecânica Elevada**
Apesar de muito leve, o EPS tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária.

5. **Baixa Absorção de água**
O EPS não é higroscópico (ou seja, não absorve a umidade do ar) e possui uma grande resistência à passagem do vapor. Mesmo quando imerso em água, o EPS absorve pouco líquido. Portanto, o material mantém suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade.

6. **Resistência**
Justamente por sua alta resistência mecânica e baixa absorção de água, o EPS possui uma vida útil longa. Esse material não embolora, não apodrece e não é solúvel.

As normativas brasileiras relacionadas aos blocos monolíticos EPS *incluem:*

- Diretriz técnica da SiNAT n° 011, de julho de 2014 - Diretriz para avaliação técnica de paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (eps), aço e argamassa, microconcreto ou concreto.
- Diretriz técnica da SiNAT n° 015, de julho de 2014 - Sistema de vedações verticais internas e externas sem função estrutural de painéis vazados de geopolímero.
- ABNT NBR 16866/2020 - Poliestireno expandido (EPS). Determinação das propriedades: Métodos de ensaio;
- ABNT NBR 7973/2007 - Poliestireno expandido para isolação térmica. Determinação de absorção de água;

- ABNT NBR 8081/2015 - Espuma rígida de poliuretano para fins de isolação térmica. Permeabilidade ao vapor de água;
- ABNT NBR 11752/2016 - Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial;
- ABNT NBR 11949/2007 - Poliestireno expandido para isolação térmica. Determinação da massa específica aparente;
- ABNT NBR 12094/1991 - Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico. Determinação da condutividade térmica - Método de ensaio;
- ABNT NBR 8082/2016 - Espuma rígida de poliuretano para fins de isolação térmica. Resistência à compressão – Método de ensaio.

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que o sistema em EPS seja utilizado, preferencialmente, em paredes externas.

6.4 BLOCO DE CONCRETO

O bloco de concreto é composto por cimento, agregados e água. A combinação de agregados pode ser entre pedrisco, areia natural e/ou artificial, ou, ainda, pó de pedra. A massa formada é um concreto seco com aspecto de "farofa". A mistura de materiais é preparada e passa por um equipamento de vibração e prensagem.

Figura 26 – Exemplo de blocos de concreto (a) e Construção do Pavilhão de Manutenção de Viaturas Blindadas do 15º Batalhão Logístico, em Cascavel/PR (b).

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Maior Resistência
Este elemento construtivo utiliza uma quantidade maior de cimento em sua composição, tornando-o mais espesso e mais firme que um bloco de vedação ou de cerâmica, por exemplo.

2. Maior produtividade
As dimensões maiores dos blocos de concreto permitem a execução de paredes prumadas, niveladas e alinhadas com maior rapidez e produtividade da mão de obra.

3. Maior economia
Redução de argamassa, diminuição da mão de obra e menor volume de tinta aplicada.

4. Facilidade de execução
Os blocos de concreto estruturais são vazados, e o espaço em seu interior permite a passagem dos sistemas elétricos e hidráulicos.

5. Desempenho térmico e acústico
Os furos verticais no interior dos blocos de concreto contribuem ainda para a dissipação do som, garantindo um melhor desempenho acústico. Os blocos, por terem maior espessura, geram maior inércia térmica da construção, mantendo a temperatura por mais tempo.

As normativas brasileiras relacionadas aos blocos de concreto incluem:

- ABNT NBR 6136/2016 - Versão Corrigida:2016 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Requisitos;
- ABNT NBR 12118/2013 - Versão Corrigida:2014 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Métodos de ensaio;
- PORTARIA Nº 272, DE 23 DE JUNHO DE 2021 do INMETRO.

Diretrizes da DOM
Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que os fechamentos em bloco de concreto sejam utilizados, preferencialmente, em paredes externas.

6.5 TELHA TERMOACÚSTICA

A telha termoacústica (tipo sanduíche) é composta por duas chapas metálicas, geralmente de aço, que recobrem um núcleo em poliestireno expandido (EPS), poliuretano (PUR). A telha também pode se apresentar numa versão mais econômica (recomendada para coberturas de galpões com pé direito elevado ou sobre lajes e forros) composta por chapa metálica núcleo de EPS e filme aluminizado texturizado.

As principais vantagens da telha termoacústica são: a melhora do desempenho térmico e acústico, qualidade e sustentabilidade (a utilização do produto gera pontos para certificação LEED), resistência por causa das chapas de aço galvalume, leveza devido ao preenchimento de poliestireno expandido, além da proteção contra fogo, pois o poliestireno recebe um aditivo antichama.

Figura 27 - Telha Colonial Termoacústica cor terra cota e telha trapezoidal Termoacústica cor branca

Figura 28 – Exemplo de telha colonial termoacústica no Hotel de Trânsito de Santa Maria / RS

As manutenções da cobertura termoacústica são feitas periodicamente e com instalações de acessórios que ajudam a aumentar a vida útil do telhado, como calhas, rufos e cumeeiras é garantido um melhor escoamento d’água e ainda protegem o mesmo de infiltrações que resultam em danos na estrutura do imóvel. Dessa forma, uma manutenção anual nas coberturas termoacústicas é o mais eficaz a ser feito. Mesmo sem a ocorrência de goteiras ou infiltrações, é importante verificar periodicamente o estado das telhas,

realizando a limpeza e observando possíveis pontos de risco. Além disso, deve-se verificar se existem folhas ou galhos impedindo o escoamento das águas nas calhas como forma de evitar complicações maiores, em dias de chuva.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. **Leveza estrutural**
As telhas termocacústicas são mais leves devido ao preenchimento com poliestireno expandido. Isso facilita o transporte, o manuseio e reduz a carga nas fundações.

2. **Desempenho térmico e acústico**
Devido aos materiais componentes ela gera maior isolamento térmico e acústico.

3. **Resistência ao fogo**
O Poliestireno possui aditivo antichama.

4. **Durabilidade**
Ela possui alta resistência à corrosão atmosférica, impactos de chuva e exposição solar.

5. **Sustentabilidade**
Ela não gera entulho pois é feita sob medida, e seu uso gera pontos para certificação LEED.

As normativas brasileiras relacionadas às telhas termoacústicas incluem:

- NBR 16373/2015 - Telhas e Painéis Termoacústico. Requisitos de desempenho;
- NBR 11752/1993 - Materiais Celulares de Poliestireno para Isolamento Térmico na Construção Civil.
- NBR 11752/1993 - Materiais Celulares de Poliestireno para Isolamento Térmico na Construção Civil.

Diretrizes da DOM
Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que as telhas termoacústicas sejam utilizadas em todas as coberturas que tenham suas vantagens consideradas convenientes.

7 INSTALAÇÕES

7.1 DUTOS PRÉ-FABRICADOS PARA CLIMATIZAÇÃO

Existem dois tipos de dutos pré-fabricados, sendo eles, o duto de alumínio pré-isolado com espuma rígida de poliuretano (MPU) e o *Transverse Duct Connection* (TDC), ideais para sistema de ar condicionado e ventilação.

O sistema MPU consiste em chapas pré-fabricadas de aço com isolamento térmico, o que permite a construção de dutos leves e resistentes tanto quanto de dutos convencionais em chapas de aço. Este tipo de sistema construtivo permite maior produtividade e baixos índices de vazamento, o que se traduz em economia de mão de obra e energia. Este sistema reduz área de fabricação no canteiro de obra e perda de matéria, melhora a eficiência e atende a norma de desempenho nos quesitos de recuperação de calor e sistema de automação.

O sistema TDC possui uma altura de 15, 25 ou 35 mm, sendo seus dutos pré-fabricados em aço carbono, galvanizado, inoxidável ou alumínio, sem o isolamento térmico. O fechamento longitudinal dos dutos podem ser por cravamento tipo *pittsburgh* ou solda. Este sistema permite uma montagem rápida, limpa e segura, uma vez que as peças já chegam prontas ao destino final sem a necessidade de ajustes. A montagem é feita com uso de parafusos e grampos, além de permitir a desmontagem em caso de mudanças no layout ou necessidade de limpeza interna nos dutos. Esse sistema permite utilizar espessuras de chapas inferiores às praticadas em obra de junta e chaveta, sem a perda de a resistência mecânica. Outra vantagem é atribuir maior estanqueidade a rede de distribuição de ar, devido ao seu dimensionamento preciso.
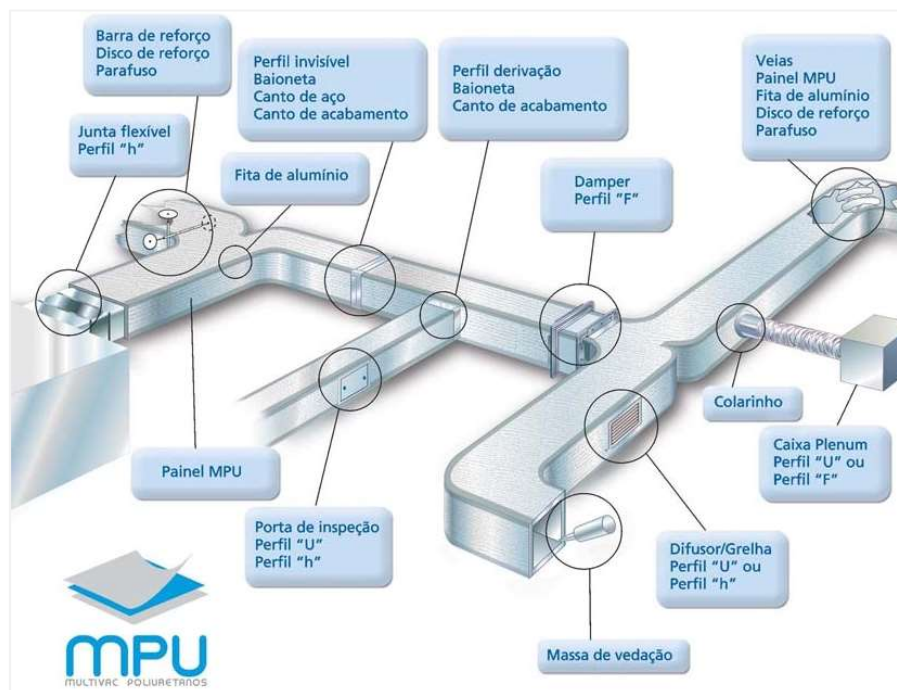
Figura 29 – Esquema ilustrativo do sistema MPU.
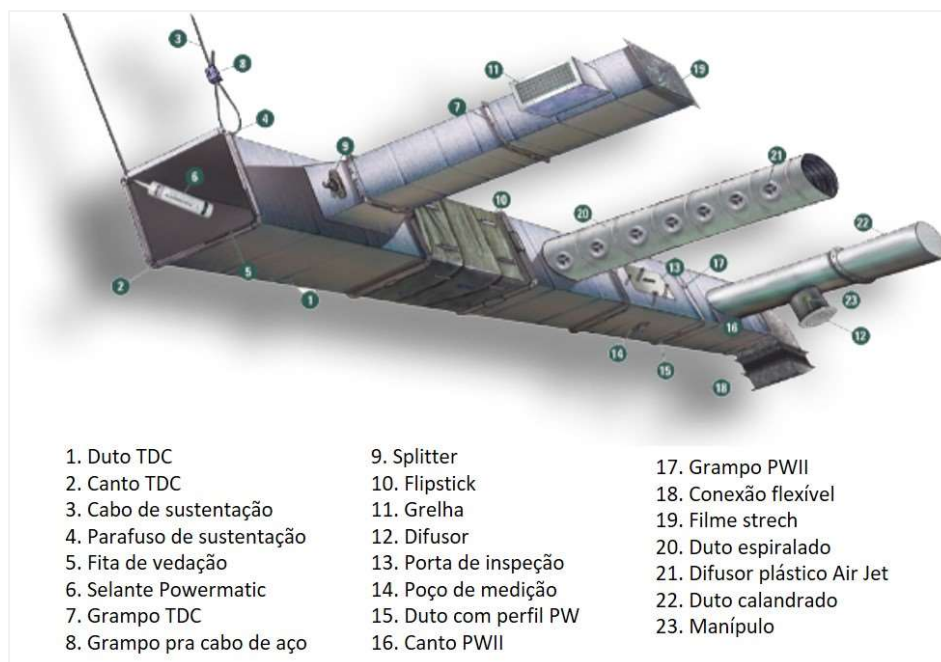
Figura 30 – Esquema ilustrativo do sistema TDC.

A instalação dos dutos deve ser planejada do ponto de vista de operação e manutenção. Para a sua fabricação devem ser tomados cuidados básicos, de acordo com as normativas, para projetar e instalar uma rede de dutos. Dessa forma, sua manutenção pode ser pequena ou inexistente. O material escolhido para a fabricação do duto contribui para a realização da manutenção, em especial os painéis pré-isolados de alumínio não utilizam óleo na sua fabricação, proporcionando uma superfície mais limpa evitando assim o acúmulo de sujidade.

PRINCIPAIS VANTAGENS (MPU)

1. Isolamento térmico
O painel pré-isolado MPU tem uma excelente resistência térmica. Um painel de 20 mm com espuma de poliuretano equivale a uma espessura de 33 m de lã de vidro ou 31 mm de borracha elastomérica. Outra vantagem é a sua estrutura rígida que garante a espessura uniforme do isolamento (não é comprimido nos cantos ou por fitas).

2. Estanqueidade
Devido à forma construtiva dos dutos MPU os vazamentos longitudinais foram eliminados. Para unir as seções de dutos existem duas opções: perfil invisível e macho-fêmea, ambos com excelente estanqueidade. Outro fator que contribui para uma melhor estanqueidade dos dutos MPU é a possibilidade de se fazer seções de dutos de até 4 metros.

3. Menor perda de carga
A baixa rugosidade do painel MPU em combinação com o número reduzido de conexões mantém a perda distribuída em níveis muito baixos. A facilidade de construção de curvas, veias, reduções, etc. também permite a execução dos projetos com perda de carga localizada reduzida.

4. Incêndio
Os dutos MPU têm significativa participação na segurança das edificações em caso de incêndio. Os painéis MPU não gotejam, a fumaça tem densidade ótica reduzida e não é tóxico. Além disso, também atendem às normativas de proteção ao fogo.

5. Limpeza
O uso de alumínio nas superfícies garante a higiene, a integridade do isolamento térmico e permite a limpeza robotizada.

PRINCIPAIS VANTAGENS (TDC)

1. Menor vazamento
Os dutos são produzidos em máquinas apropriadas garantindo que estejam de acordo com as normas de fabricação NBR 16.401 e dentro dos limites de testes de vazamento definidos pelas normas Smacna e DW 143.

2. Economia de chapas
Os dutos têm reforços que garantem rigidez e a utilização de chapas mais finas com maior resistência em relação a dutos chavetados. São produzidos com equipamentos modernos e toda sucata é reaproveitada, garantido 100% de utilização da matéria-prima.

3. Economia de acessórios
A rigidez obtida com os vincos longitudinais e o sistema de flanges permite a pré-montagem de grandes trechos no piso e aumentar a distância entre os suportes. O sistema de flanges contribui para a eliminação de algumas portas de inspeção pela facilidade de remover uma peça de duto.

4. Rapidez e silêncio na montagem
Cada peça de duto é etiquetada seguindo a ordem do projeto, facilitando a identificação e a instalação e garantindo uma considerável redução no tempo de montagem dos dutos na obra. Além do menor tempo, a montagem dos dutos é silenciosa, pois dispensa o uso de martelo.

5. Redução do tempo de pessoal
A rapidez na instalação em virtude da etiquetas e do sistema de flange, a maior distância entre os suportes e a montagem silenciosa que permite o trabalho inclusive durante o período noturno contribuem para reduzir o tempo de trabalho na obra, diminuindo também os gastos com pessoal.

6. Agilidade no fluxo de caixa
A agilidade na montagem de todo o sistema antecipa os recebimentos vinculados à medição de dutos instalados e reduz os custos com pessoal.

As normativas relacionadas aos dutos, no que diz respeito à construção e teste de vazamento, são:

- ABNT NBR 16401-1/2008 – Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projetos das instalações;
- ABNT NBR 16401-2/2008 – Instalações de ar-condicionado – Parâmetros de conforto térmico;
- ABNT NBR 16401-3/2008 – Instalações de ar-condicionado – Qualidade do ar interior.

Diretrizes da DOM
Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que os dutos de climatização MPU sejam utilizados sempre que houver sistema de ar condicionado central.

7.2 CONJUNTOS PRÉ-FABRICADOS (HIDRÁULICO, ELÉTRICO E MECÂNICO)

Esta técnica transforma as tarefas de encanadores e eletricistas em componentes pré-fabricados a serem instalados nos canteiros de obras, otimizando o tempo de instalação e garantindo maior eficiência. Esses conjuntos incluem tubulações, conduítes, cabos e componentes mecânicos, montados em fábricas especializadas antes de serem enviados para o local da obra. Esta abordagem reduz significativamente o tempo e os custos de instalação, além de garantir maior precisão e eficiência. Os componentes possuem as seguintes características são:

- **Componentes Pré-fabricados:** Sistemas de encanamento, fiação elétrica e dutos de HVAC (aquecimento, ventilação e ar-condicionado);
- **Montagem em fábrica:** A pré-montagem dos componentes em fábricas assegura um alto padrão de qualidade e minimiza erros. A pré-fabricação oferece diversos benefícios para os profissionais que instalam esses sistemas;
- **Maior Precisão:** A montagem em ambiente controlado garante alta precisão reduzindo a necessidade de ajustes e retrabalhos no local da obra;
- **Menos retrabalho:** Com componentes pré-montados, a margem de erro é reduzida, diminuindo a quantidade de retrabalho necessário;
- **Ambiente de Trabalho Mais Seguro:** A pré-fabricação em fábricas proporciona um ambiente de trabalho mais seguro, longe dos perigos típicos de um canteiro de obras. Os sistemas pré-fabricados são projetados para serem instalados de forma rápida e eficiente no local de obra, acelerando o cronograma de construção;
- **Redução do Tempo de Instalação:** A instalação dos sistemas pré-fabricados é significativamente mais rápida que a instalação convencional;
- **Coordenação Eficiente:** A instalação rápida permite melhor coordenação entre as diferentes equipes de trabalho, reduzindo atrasos e sobreposições. A produção de sistemas pré-fabricados em ambientes controlados garante um alto nível de qualidade e eficiência, reduzindo a probabilidade de falhas.
- **Ambiente Controlado:** A fabricação em fábricas permite um controle rigoroso de qualidade, assegurando que cada componente atenda aos padrões necessários;
- **Inspeções rigorosas:** Cada sistema pré-fabricado é inspecionado antes de ser enviado para a obra, garantindo conformidade com especificações técnicas.

Figura 31 – Colocação do Sistema PEX

Um dos tipos de instalações utilizados é o chamado PEX, que consiste em tubos feitos de Polietileno Reticulado e que reduz significativamente o uso de conexões. As vantagens do uso do PEX são:

- As tubulações do PEX possuem baixa rugosidade — fator que reduz a perda de carga ao longo das tubulações. O material também é leve, o que facilita o transporte do produto, sua estocagem e instalação;
- Outra propriedade deste flexível é a baixa condutividade térmica, o que torna o PEX um material excelente para o transporte de água quente e reduz a necessidade de isolamento térmico das instalações;
- Eles são flexíveis e têm como principal benefício a redução de conexões necessárias nos sistemas de água, gás e ar-condicionado. Contudo, o projetista precisa estar atento para evitar ângulos acentuados, visto que curvas fechadas causam tensões internas que resultam na instabilidade do conjunto;
- Seu fornecimento é realizado em bobinas de 50 e 100 metros, o que torna possível o corte do tubo no tamanho desejado. A precisão no corte das bobinas evita o desperdício e reduz a sobra de tubos muito pequenos e inutilizados;
- As mudanças de direção da tubulação são todas realizadas pela curvatura do tubo flexível, reduzindo muito o número de conexões e minimizando o risco de vazamentos. Esta redução induz a um menor número de processos de corte e encaixe durante a obra, gerando economia com mão de obra;
- O material é comprovadamente puro e atóxico. Ou seja, não transmite odor e gosto para a água;
- O sistema PEX é compatível com inúmeros métodos construtivos. Sua utilização possui maior desempenho nos fechamentos em dry-wall. Porém, pode ser facilmente adaptado para alvenaria em tijolo cerâmico ou estrutural;
- É um sistema que transforma as manutenções em processos fáceis e rápidos, portanto, pode atingir status de diferencial perante clientes que possuem interesse na edificação.
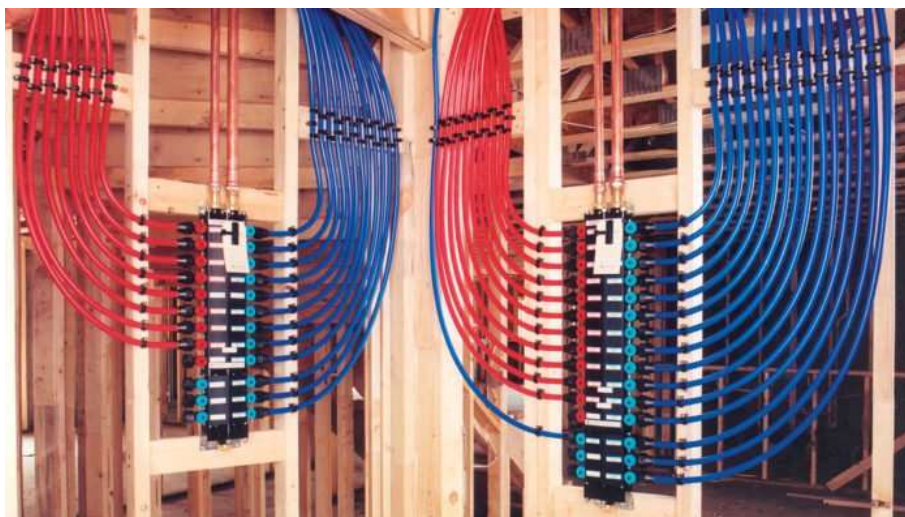
Figura 32 – Terminais e conectores no Sistema PEX

Para conjuntos pré-fabricados, são utilizadas as seguintes normas:

- ABNT NBR 13570 – Instalações elétricas em locais de afluência de público;
- ABNT NBR 14136 – Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20A/250V em corrente alternada;
- ABNT NBR 5626 – Instalação predial de água fria;
- ABNT NBR 7198 – Projeto e execução de instalações prediais de água quente;

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que os conjuntos pré-fabricados sejam utilizados para instalações que tenham suas vantagens

7.3 REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A água é um recurso essencial e limitado, desempenhando um papel crucial em todos os estágios da construção civil, desde a preparação do canteiro de obras até o funcionamento dos sistemas prediais nas edificações. A utilização racional desse recurso, atrelado à crescente conscientização ambiental e à busca por práticas mais sustentáveis, têm transformado a indústria da construção civil, impulsionando a adoção de métodos inovadores para minimizar o impacto negativo no meio ambiente.

Nesse contexto, a implantação de sistemas em obras para o reaproveitamento de água de chuva, surge como uma solução eficaz e relevante, representando não apenas uma prática ambientalmente responsável, mas também uma estratégia inteligente para o gerenciamento de grandes obras na redução da utilização de demanda em abundância por água potável, junto a sua captação, armazenamento, tratamento e destinação final.

Existem diferentes sistemas e maneiras de projeção para a captação da água pluvial. Em linhas gerais, a água coletada pelo sistema de calhas tradicional é direcionada a um tubo de queda de água, onde se encontra um filtro seletor que irá separar os resíduos sólidos (folhas e impurezas que ficam nas calhas), posteriormente despejando a água filtrada em um reservatório inferior (cisterna) para o armazenamento.

O reservatório pode ser subterrâneo, sem necessidade de ficar aparente. Nele, a água passará por um tratamento com cloro orgânico e, logo em seguida, um sistema de bombas irá direcionar a água armazenada na cisterna para o reservatório superior (caixa d'água) ou qualquer outro reservatório projetado para armazenamento. A partir desse ponto, será distribuída para as mais diversas funcionalidades projetadas no sistema, como por exemplo: vasos sanitários, limpezas de ambientes externos, torneiras, jardinagem, lavagem de automóveis, entre outros.

A captação de água da chuva pode ser realizada em telhados de casas, bloco de apartamentos, escolas, edifícios comerciais, ginásios poliesportivos, picadeiros, construções de propriedades rurais, bem como nos mais diversos tipos de obras. É de suma importância constatar que os reservatórios ou cisternas, devem receber os mesmos cuidados que são exigidos para as caixas d'água, ou seja, devem ser construídos com materiais adequados e serem constantemente manutenidos.

Sendo assim, ao considerar todas essas vantagens, é evidente que o reaproveitamento de água de chuva não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também apresenta benefícios significativos do ponto de vista econômico e operacional, tornando-se uma prática cada vez mais relevante e atual no cenário da construção civil.
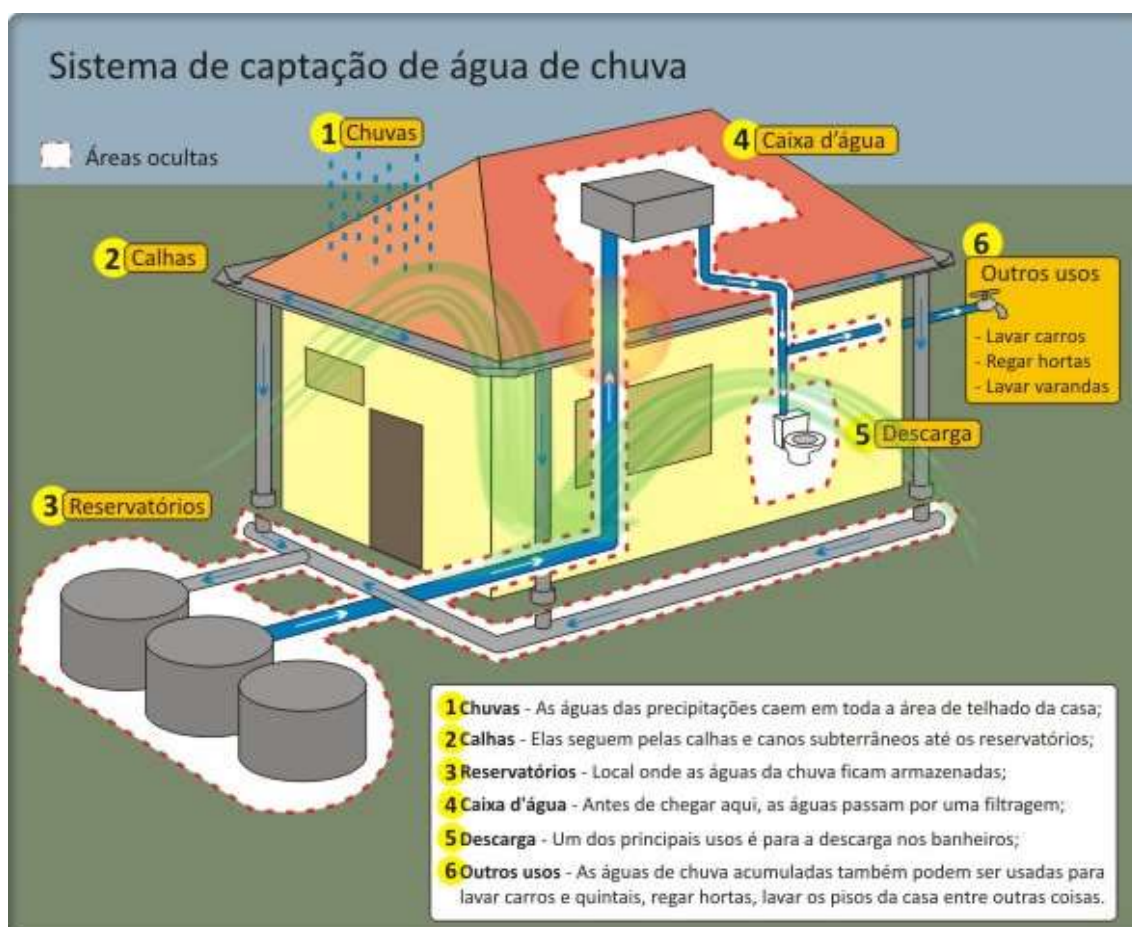
Figura 33 – Demonstração do Sistema básico de Captação para água de chuva em residência

Figura 34 – Execução de sistema de aproveitamento de água de chuva na cobertura de quadra poliesportiva de Colégio Loyola (a) e de reservatório em concreto destinado para captação e armazenamento de água de chuva. Obra do Picadeiro no 1° RCG, Brasília/DF (b)

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Sustentabilidade:
A captação de Água de Chuva para o seu reaproveitamento é um exemplo de prática sustentável, evitando assim o aumento nos gastos futuros pós-obra, além de reduzir o impacto no meio ambiente, devido ao uso exagerado de recursos hídricos. Em diversas atividades, a água captada e armazenada, poderá ser reutilizada, como por exemplo, na lavagem de pátios, irrigação de jardins e paisagismo, na limpeza de áreas externas das obras, descarga dos banheiros, áreas de picadeiros, entre outros.

2. Fácil Instalação do sistema e economia na conta de água:
Para instalar um sistema de captação de água da chuva, os gastos não são exorbitantes e o retorno do investimento acontece em prazos geralmente curtos. Desse modo, o reaproveitamento da água será uma forte aliada na geração de economia nas futuras contas de água, podendo ser diminuídos valores consideráveis no somatório anual da conta de água para a Organização Militar.

3. Conformidade com Normas Ambientais e Responsabilidade Social:
Instituições e Empresas que adotam as mais diversas práticas sustentáveis tendem a melhorar sua imagem perante a sociedade e clientes, alinhado as metas e compromissos globais de sustentabilidade. Desse modo, o reaproveitamento de água de chuva pode ser uma forma de atender a regulamentações locais que incentivem práticas sustentáveis na construção civil.

4. Independência de fontes externas com maior segurança e produtividade nos tempos de racionamento:
Adotar práticas que evitem o desperdício de água é uma maneira de assegurar que não falte água em períodos de racionamento ou de rodízios de água em determinadas regiões. Um sistema de captação de águas pluviais, por exemplo, contribui para o abastecimento da obra sem a dependência completa da rede pública. Em lugares onde o fornecimento já é precário, essa é uma medida salutar para o desenvolvimento das atividades.

As normativas brasileiras relacionadas ao sistema de captação para reaproveitamento de água de chuva, são as seguintes:

- NBR 15527/2019 – Aproveitamento de água de chuva de cobertura para fins não potáveis - Esta Norma especifica os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis.
- NBR 10844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais - Esta Norma fixa as exigências necessárias aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando a garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.
- NBR 5626/2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção - Esta Norma especifica requisitos para projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água fria e água quente (SPAFAQ).

Diretrizes da DOM

Diante do exposto ao longo desse capítulo e de comum acordo com o referido caderno técnico, é desejável o reaproveitamento de água de chuvas, seja adotada nas seguintes situações: Próprio Nacional Residencial (PNR), Picadeiros, Escolas, Hospitais, Ranchos, Ginásio Poliesportivo e Pavilhões em geral.

7.4 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

Um sistema básico de aquecimento de água por energia solar é composto de coletores solares (placas) e reservatório térmico (boiler).

As placas coletoras são responsáveis pela absorção da radiação solar. O calor do sol, captado pelas placas do aquecedor solar, é transferido para a água que circula no interior de suas tubulações de cobre.

O reservatório térmico, também conhecido por Boiler, é um recipiente para armazenamento da água aquecida. São cilindros de cobre, inox ou polipropileno, isolados termicamente com poliuretano expandido sem CFC, que não agride a camada de ozônio. Desta forma, a água é conservada aquecida para consumo posterior. A caixa de água fria alimenta o reservatório térmico do aquecedor solar, mantendo-o sempre cheio.

Em sistemas convencionais, a água circula entre os coletores e o reservatório térmico através de um sistema natural chamado termossifão. Nesse sistema, a água dos coletores fica mais quente e, portanto, menos densa que a água no reservatório. Assim a água fria "empurra" a água quente gerando a circulação. Esses sistemas são chamados da circulação natural ou termossifão.

A circulação da água também pode ser feita através de motobombas em um processo chamado de circulação forçada ou bombeado, e são normalmente utilizados em piscinas e sistemas de grandes volumes.

Sistema Auxiliar De Aquecimento

Para garantir que nunca haverá falta de água quente, todo Aquecedor Solar traz um sistema auxiliar de Aquecimento.

E quando o tempo fica muito nublado ou chuvoso por vários dias, ou o número de banhos fica acima do dimensionamento inicial, o sistema auxiliar - que pode ser elétrico ou a gás - entra em ação. Mas devido ao nível de insolação do Brasil, o sistema

auxiliar de aquecimento é acionado apenas poucos dias por ano.
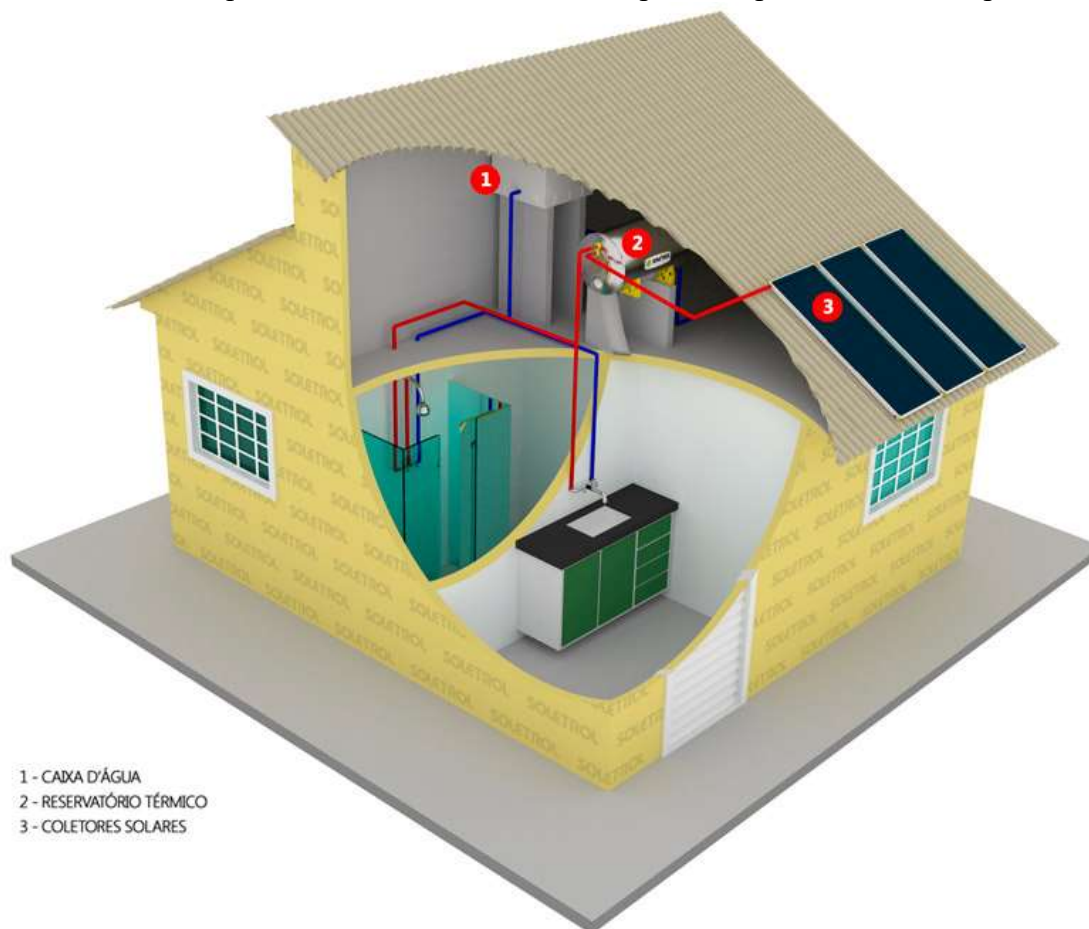
Figura 35 - Esquema de aquecimento de água

A norma brasileira que estabelece os requisitos para o sistema de aquecimento solar de água é a ABNT NBR 15569.

<u>Diretrizes da DOM</u>

Para as obras do Sistema de Obras Militar é desejável o aquecimento solar de água, seja adotado nas seguintes situações: Próprio Nacional Residencial (PNR), Escolas, Ginásio Poliesportivo e Pavilhões em geral.

7.5 RESERVATÓRIO DE ÁGUA METÁLICO

No panorama dinâmico da construção civil, a seleção cuidadosa de materiais e sistemas é crucial para assegurar a eficiência operacional, a sustentabilidade e a longevidade das estruturas. A gestão eficiente dos recursos hídricos é uma prioridade crescente no cenário atual da Engenharia. Nesse contexto, os reservatórios metálicos surgem como uma forte escolha estratégica, oferecendo uma variedade de benefícios que transcendem os limites tradicionais de sua mera funcionalidade.

Além disso, à medida que a sustentabilidade se torna um princípio atual e orientador na construção civil, os reservatórios metálicos destacam-se por sua contribuição ambiental positiva. Em síntese, os materiais metálicos são recicláveis, alinhando-se com práticas construtivas ecologicamente responsáveis, bem como com a capacidade de coletar e armazenar água da chuva. Representam, portanto,–uma abordagem sustentável para a gestão dos recursos hídricos, promovendo a eficiência e a responsabilidade ambiental no Sistema de Obras Militares.

A versatilidade é uma faceta primordial na escolha da sistemática de aplicação do reservatório metálico, visto que sua capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e de serem moldados para atender a uma ampla gama de necessidades específicas de projetos. Podem ser voltados ao armazenamento de grandes volumes de água, além de poderem ser fabricados em uma variedade de formas e tamanhos e entregues prontos para aplicação na obra. Conferem, portanto, uma flexibilidade incomparável aos projetistas, face aos reservatórios de concreto armado, apresentando soluções volúveis e eficazes para as obras. Por fim, a não necessidade de aplicação de impermeabilização, atrelado a resistência intrínseca dos metais à corrosão, garante uma vida útil prolongada ao reservatório, minimizando a necessidade de manutenções e intervenções constantes.

Figura 36 – Comparativo do Reservatório Metálico x Concreto
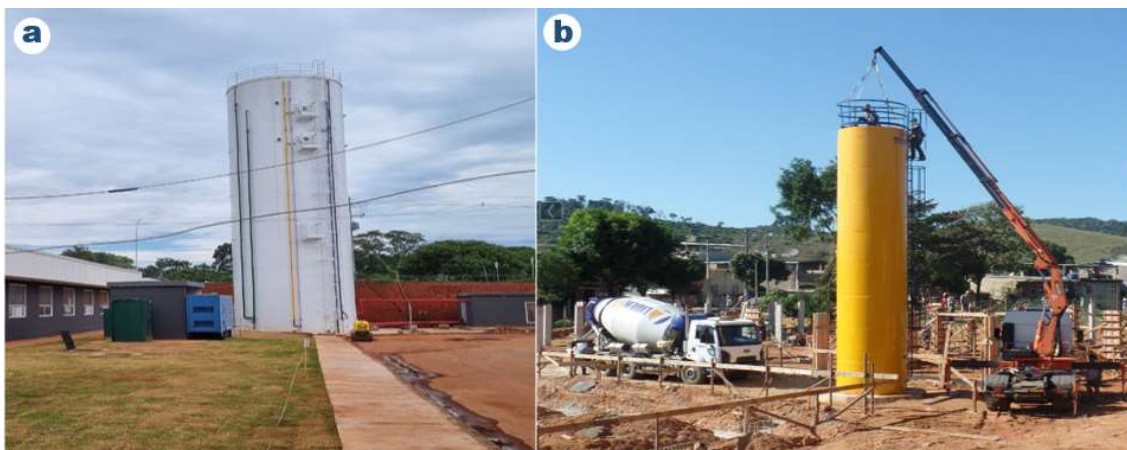
Figura 37 – Exemplo de reservatório metálico, 780m³, em Brasília/DF (a) e exemplo de instalação de reservatório metálico.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Durabilidade e Resistência
As peças são produzidas em fábricas especializadas que contam com um elevado controle de qualidade. Por isso, existe uma maior durabilidade e resistência às condições ambientais adversas, proporcionando uma solução de armazenamento de água confiável a longo prazo.

2. Eficiência na Instalação
A montagem e instalação de reservatórios metálicos tendem a ser mais rápidas, quando comparada a outras opções. Por isso, reduzem o cronograma da obra, resultando em economia de tempo e custos.

3. Baixa Manutenção
Reservatórios Metálicos geralmente exigem uma manutenção mais simples em comparação a outras opções. A facilidade de inspeção e a resistência à corrosão contribuem para a redução dos custos de manutenção ao longo do tempo.

4. Segurança
Os reservatórios metálicos são extremamente seguros, devido a sua fabricação com materiais resistentes à pressão e que suportam grandes quantidades de água sem causar vazamento ou rompimento.

5. Leveza Estrutural
As estruturas pré-fabricadas metálicas já chegam prontas, evitando a execução de grandes volumes de concretos na obra, facilitando o transporte, manuseio e instalação, resultando em economias significativas no tempo e custo total da obra.

6. Versatilidade
Os reservatórios metálicos podem ser fabricados em uma variedade de formas e tamanhos, de acordo com a solicitação do projetista, permitindo uma fácil adaptação a diferentes elementos e necessidades do projeto. A versatilidade no *design* é especialmente útil quando existem restrições de espaço ou quando é necessário integrar o reservatório a estruturas existentes.

7. Sustentabilidade
Os materiais metálicos podem ser reutilizáveis e reciclados quando chegam ao fim de sua vida útil. Além disso, existe a possibilidade de coletar e armazenar água de chuva em grandes volumes, podendo apoiar iniciativas de sustentabilidade e gestão eficiente de recursos hídricos.

As normativas brasileiras relacionadas à reservatórios de água são as seguintes:

- NBR 14863/2012 - Reservatório de aço inoxidável para água potável; humano.
- NBR 6118/2023 - Projetos de estruturas de concreto;
- NBR 6123/2023 - Forças devidas ao vento em edificações; e
- NBR 5626/2020 – Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção.

Diretrizes da DOM

É desejável, para todas as novas obras do Sistema de Obras Militares (SOM), que as estruturas de reservatórios que comportem grandes volumes de água, sejam projetadas e executadas em pré-fabricados metálicos.

7.6 CAIXAS PRÉ-FABRICADAS

As caixas pré-fabricadas em concreto, em policloreto de vinila (PVC) ou em materiais similares normatizados, são uma realidade atual da construção civil e oferecem diversas vantagens em termos de eficiência, durabilidade e sustentabilidade nas obras. A utilização desses materiais abrange diversos sistemas construtivos como, por exemplo, o sistema de drenagem pluvial e esgoto, infraestrutura de telecomunicações e elétrica, urbanização e paisagismo, entre outros.
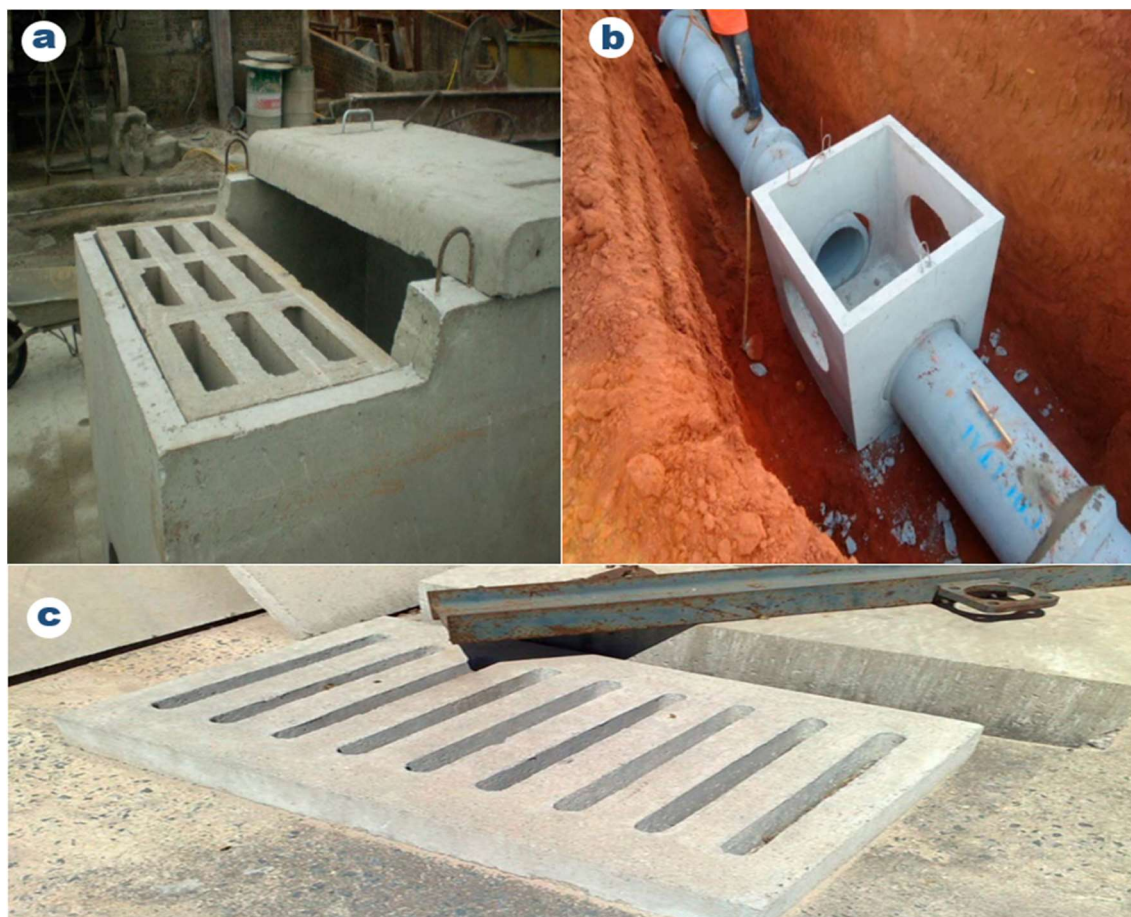
Figura 38 –Caixa de passagem pré-moldada (a), boca de bueiro (b) e (c) tampa de bueiro (c).

A utilização e fabricação de caixas pré-fabricadas ocorre conforme cada projeto, com grande variedade de peças em seções, ângulos e formatos; que são produzidas de acordo com a necessidade e especificação técnica de cada solicitante. Os materiais aplicados no sistema de caixas para inspeção e caixas de passagem, são responsáveis por abrigar os pontos de acesso às redes de infraestrutura presentes em uma obra, sendo projetadas para oferecer um local seguro e adequado para a instalação de conexões e dispositivos de redes. Além disso, permite o acesso aos componentes internos para inspeções e manutenções, garantindo a proteção das redes de água, esgoto e elétrica.

As normativas brasileiras relacionadas estruturas pré-fabricadas incluem:

- NBR 9062/2017 **-** Projetos e execução de estruturas de concreto pré-moldado;
- NBR 6118/2023 - Projetos de estruturas de concreto;
- NBR 8160/1999 - Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e Execução.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Controle de qualidade, durabilidade e resistência
A fabricação em ambiente controlado permite um maior controle sobre a qualidade dos materiais e da mão de obra, resultando em estruturas mais consistentes e duráveis.

2. Economia de Tempo
A montagem e a instalação de caixas pré-fabricadas demanda menos tempo, quando comparada a outras opções.

3. Redução de Custos
As caixas pré-fabricadas tendem resultar em economia ao longo do tempo, devido à redução de prazos, de mão de obra e de desperdícios de material.

4. Versatilidade

As caixas pré-fabricadas são projetadas para atender a uma variedade de requisitos funcionais e estéticos. Além disso, permite modificações com facilidade e rapidez, durante o seu processo de fabricação.

5. Sustentabilidade Ambiental
A produção centralizada de componentes pré-fabricados, minimiza o desperdício de materiais no canteiro de obras, resultando em práticas diretas mais sustentáveis.

Diretrizes da DOM

É desejável, para todas as novas obras do Sistema de Obras Militares (SOM), que as estruturas de caixas pré-fabricadas, sejam projetadas e executadas em concreto, PVC ou material sustentável que atenda aos normativos de desempenho técnico.

7.7 ILUMINAÇÃO POR LÂMPADA LED

O LED (*light emitting diode*) é um dispositivo semicondutor, que permite a conversão da energia elétrica diretamente em energia luminosa. Como não precisa de filamentos, 95% da energia se transforma em luz, enquanto 5% é perdido em forma de calor.

Figura 39 – Exemplo de instalação de exaustores eólicos em telhado metálico.

As luminárias em LED exigem menos manutenção e substituições, quando comparadas às fontes de luz convencionais. Isso ocorre devida à sua durabilidade elevada e pela alta resistência a impactos, o que reflete em custo menores para manter o sistema de iluminação. Além disso, as luminárias em LED precisam de menos energia para iluminar e o Selo Procel é o que assegura sua eficiência energética.

A capacidade de iluminação é dada pela a unidade de medida Lúmens (lm), que pode aparecer nas embalagens, indicando o fluxo luminoso. Logo, quanto mais escuro e mais amplo for o ambiente, maior deverá ser o fluxo luminoso. Já a potência da lâmpada é medida em Watts (W) e indica o consumo de energia. Portanto, para escolher entre duas lâmpadas com a mesma potência, a mais vantajosa será aquela que tiver o maior fluxo luminoso. Outro indicador importante a ser observado é a temperatura de cor, medida em Kelvin (K). Quanto maior a temperatura de cor, mais próxima da luz branca será a luz emitida.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Eficiência energética
Produz mais lumens por watts consumido e pode gerar uma economia de energia de até 80%.

2. Durabilidade
Um lâmpada de LED pode durar até quatro vezes mais, quando comparada a uma lâmpada fluorescente. As tecnologias mais novas podem chegar a até 65 mil horas de uso.

3. Visibilidade
Alcançam um alto índice de reprodução de cor (IRC), o que indica uma boa capacidade de reproduzir as cores dos objetos iluminadas por lâmpadas com fidelidade.

4. Economia
Por reduziram o consumo de energia, terem durabilidade alta e manutenção baixa, os custos finais do sistema de iluminação são menores e sua economia na conta de luz pode chegar até 60%.

5. Sustentabilidade
A lâmpada LED é livre de metais pesados e não possui materiais tóxicos em sua composição. Além disso, 98% dos seus componentes podem ser reciclados.

Entre as principais normativas brasileiras relacionadas à iluminação artificial, é possível citar:

- ABNT NBR ISO/CIE 8995/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior (Esta Norma cancela e substitui a ABNT NBR 5413/1992 e a ABNT NBR 5382/1985);
- ABNT NBR 15.575-1/2023 Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais;

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que todos os sistemas de iluminação artificial sejam compostos por lâmpadas LED.

7.8 ILUMINAÇÃO POR TUBO SOLAR

Esse tipo de iluminação é um sistema composto por três partes: captação, transferência e difusão A captação é feita por meio de uma cúpula translúcida que recebe a luz solar nas diferentes angulações do Sol sobre o equipamento. A transferência ocorre dentro de um duto de alumínio revestido com uma película refletora. Isso permite levar, para o difusor, até 99% da iluminação captada. O difusor, por sua vez, direciona a iluminação de modo homogêneo para os ambientes internos.

Figura 40 – Exemplo de composição do sistema de iluminação por tubo solar

Esse sistema não necessita de manutenção, por ser totalmente vedado, o que exclui a possibilidade de infiltrações. Além disso, a cúpula é fabricada em policarbonato de alto impacto e recebe um tratamento eletrostático, o que evita o acúmulo de poeira. Também possui características de retardação ao fogo e boa filtragem à radiação UV. Alguns modelos permitem o uso de acessórios de dimerização para controlar a intensidade da luz. Também é possível desenvolver um projeto luminotécnico com esse tipo de equipamento e prever a luminosidade que será fornecida para o ambiente, uma vez que o sistema permite se estender até 10 metros, com os tubos conduzindo a luz, sem perder eficiência.

Figura 41 – Exemplo de instalação de tubo solar: Vista externa (a), academia (b) e galpão industrial (c).

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. **Possui boa capacidade de iluminação, com aproveitamento da luz natural;**
2. **Redução do consumo de energia elétrica;**
3. **Contribui para o conforto térmico, uma vez que não transfere calor e faz a filtragem dos raios UVA e UVB;**
4. **Distribuição homogênea da luz no ambiente, com boa reprodução das cores;**
5. **Possibilidade de iluminação de grandes ambientes;**
6. **Permite a integração com acessórios (dimerizadores, placas fotovoltaicas e baterias);**
7. **Necessidade baixa de manutenção.**

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que o sistema de iluminação por tudo solar seja adotado nos Pavilhões Garagem, Pavilhões Manutenção, Pavilhões Almoxarifado e Ginásios

7.9 EXAUSTOR EÓLICO

Os exaustores eólicos foram projetados com o intuito de renovar as massas de ar quente, eliminar odores, gases tóxicos, fumaças e partículas em suspensão do interior dos ambientes. Esses aparelhos são compostos por pás ou hélices, que são projetadas de maneira aerodinâmica para capturar até mesmo as brisas mais suaves. Quando o vento incide sobre essas pás, elas começam a girar, criando um movimento de sucção. Esse movimento aspira o ar quente, contaminado e viciado do interior do ambiente, promovendo a saída desses elementos indesejados.

Mesmo na ausência de ventos, as massas de ar quente internas tendem a subir, o que causa uma pressão no interior do globo, fazendo com que o exaustor gire (efeito chaminé). O natural é que o ar quente seja mais leve que o ar frio, de forma que ar quente sobe para se acumular no teto, enquanto o ar frio se acumula perto do chão. Desse modo, a circulação faz com que o ar frio saia pelo exaustor e a temperatura diminua imediatamente. Por consequência, o ar do exterior, mais frio, entra, gerando assim a circulação entre o exterior e o interior; regulando a temperatura e jogando para fora o ar viciado do interior do prédio, sem o mínimo custo com o consumo de energia.

Figura 42 – Exemplo de instalação de exaustores eólicos em telhado metálico.

A instalação dos exaustores eólicos requer alguns cuidados para garantir seu funcionamento adequado. É importante posicionar os exaustores em locais onde há maior incidência de vento, como áreas altas e desobstruídas. Além disso, a manutenção regular é fundamental para garantir a eficiência do sistema. A limpeza periódica das hélices e verificação do mecanismo de rotação são algumas das ações necessárias para manter os exaustores em bom estado.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. Economia:
Seu funcionamento independe do uso de motores elétricos para realizar a exaustão do ambiente. Além disso, possui em geral baixo custo de manutenção e reparação.

2. Versatilidade:
Pode ser instalado em qualquer tipo de telhado ou cobertura, sem necessidade de alterações estruturais. Não produz ruídos e nem vibrações

3. Baixa manutenção:
Esses dispositivos possuem poucas partes móveis e, portanto, exigem pouca manutenção. Isso resulta em economia de tempo e dinheiro para os proprietários de instalações industriais.

4. Qualidade do Ar:
Os exaustores eólicos ajudam a remover vapores, gases e partículas suspensas, contribuindo para um ambiente de trabalho mais saudável e mantendo a qualidade do produto final.

5. Controle de Temperatura:
A ventilação adequada auxilia no controle da temperatura, proporcionando um clima mais confortável para os trabalhadores e evitando danos aos equipamentos sensíveis ao calor.

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que o uso de exaustores eólicos seja adotado nas seguintes situações: Pavilhões Manutenção, Pavilhões Garagem e Pavilhões Almoxarifado.

8 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

O recurso solar possui elevados índices de disponibilidade em praticamente todo o território brasileiro e está contribuindo para o aumento expressivo da participação da energia solar na matriz elétrica nacional. Nesse sentido, o uso da energia solar para iluminação natural e para aquecimento de ambientes decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se, com isso, a necessidade de iluminação e aquecimento artificial e minimizando o consumo de energia elétrica. Esse aproveitamento passivo da energia solar nas edificações permite maior eficiência energética, uma vez que reduz os gastos com iluminação, aquecimento ou climatização.

A estrutura do sistema fotovoltaico (SFV) é projetada com o intuito de buscar o maior aproveitamento da radiação solar, de acordo com a necessidade do cliente. Por isso, os painéis devem estar alinhados com o Norte verdadeiro e possuir inclinação próxima à latitude local, para assegurar a maior produção de energia possível. Além disso, devem ser classificados conforme local de instalação, podendo ser empregados em solo, em coberturas de estacionamentos (*carport*), sobre lajes ou em telhados.

Para a instalação dos painéis fotovoltaicos, deve-se escolher um local que não sofra sombreamento em função de construções ou vegetação próxima. Por isso, sempre que possível, é indicada a instalação da usina em solo, devido à possibilidade de melhor posicionamento e inclinação dos painéis, visando a máxima produção de energia. Além disso, para a instalação da usina, deve-se priorizar áreas que estejam próximas à subestação de energia da unidade, pois, na maioria das concessionárias, é exigido que o ponto de conexão da usina ocorra em média tensão, junto à subestação de energia. Como todos os gastos com infraestrutura, da usina até a subestação, deverão ser realizados pela OM, quanto mais próxima a usina estiver da subestação, menor serão os gastos em infraestrutura.

Figura 43 – Sistemas fotovoltaicos: (a) em solo, no Quartel General do Exército – Brasília/DF, (b) em solo, no Pelotão Especial de Fronteira – São Joaquim/AM e (c) em cobertura, no 1° Grupamento de Engenharia – João Pessoa/PB.

Nos casos de instalação da usina em cobertura ou em laje, deve-se prever inicialmente uma avaliação das condições estruturais da edificação (perícia com engenheiro estrutural), além de considerar a possibilidade/necessidade de reforço, em função de considerável acréscimo de peso (em média, 16 kgf/m²) à estrutura existente.

A manutenção de uma usina fotovoltaica deve permitir que a produção da usina não sofra perda de performance com o passar do tempo e, assim, assegurar que todas as projeções de produção sejam efetivas. Desta forma, deve-se realizar anualmente uma inspeção geral dos componentes da usina, avaliando-se visualmente o desempenho de *strings*, conexões, caixas, inversores, equipamentos elétricos, cabeamento, estruturas de suporte, sombreamento, vegetação próxima, danos causados por animais, erosão do solo, corrosão e descoloração dos módulos. Deve-se, também, realizar uma medição anual das grandezas elétricas em cada inversor, bem como as inspeções termográficas de módulos, inversores, quadros e transformadores. A limpeza dos módulos fotovoltaicos deve ser uma preocupação constante. Conforme o caso, deve-se realizar mais de uma limpeza anual, principalmente em regiões que apresentem regime irregular de chuvas.

Tabela 02 – Manutenção de sistemas fotovoltaicos

AÇÃO DE MANUTENÇÃO	FREQUÊNCIA
Inspeção visual das condições do sistema fotovoltaico, sombreamento, vegetação, danos causados por animais, erosão do solo, corrosão, etc.	1 vez ao ano
Medições de *string* (tensão de circuito aberto)	1 vez ao ano
Medições de *string* (corrente)	2 vezes ao ano
Análise de desempenho dos módulos	1 vez ao ano
Resistência de insolação	1 vez ao ano
Inspeção de DPS	Quando necessário
Inspeção termográfica	1 vez ao ano
Diagnóstico de falhas em inversores	1 vez ao ano
Substituição dos módulos danificados	Quando necessário
Limpeza dos módulos	2 vezes ao ano
Limpeza geral do sistema	1 vez ao ano

Assim como a deposição de poeira sobre os módulos fotovoltaicos limita a irradiância solar efetiva e pode causar perda na eficácia de conversão de energia do sistema, as variações de temperatura podem indicar problemas dentro dos módulos e/ou nos arranjos fotovoltaicos. Por isso, para evitar danos no sistema e perdas na geração fotovoltaica causadas pela sujidade depositada sobre os módulos solares, é necessário atentar para as atividades de limpeza desses sistemas, bem como para aos procedimentos de identificação de falhas, como a inspeção termográfica dos módulos fotovoltaicos.

Figura 44 – Métodos de lavagem dos módulos fotovoltaicos.

Nesse contexto, para a limpeza dos módulos fotovoltaicos, o método pode ser classificado nas seguintes categorias: limpeza natural, tratamento de superfície, limpeza automática e limpeza manual (Figura 21). Para limpar os módulos, é recomendável o uso de escovas com cerdas macias, que podem ser conectadas diretamente a um suprimento de água para realizar a limpeza e a lavagem simultaneamente. Para se estabelecer uma escala ideal de limpeza, tem que ser avaliada a intensidade de sujidade incidente em cada gerador fotovoltaico, promovendo a sua limpeza quando parecer ter um filme de poeira em sua superfície ou, ainda, quando for identificada queda significativa na geração de energia.
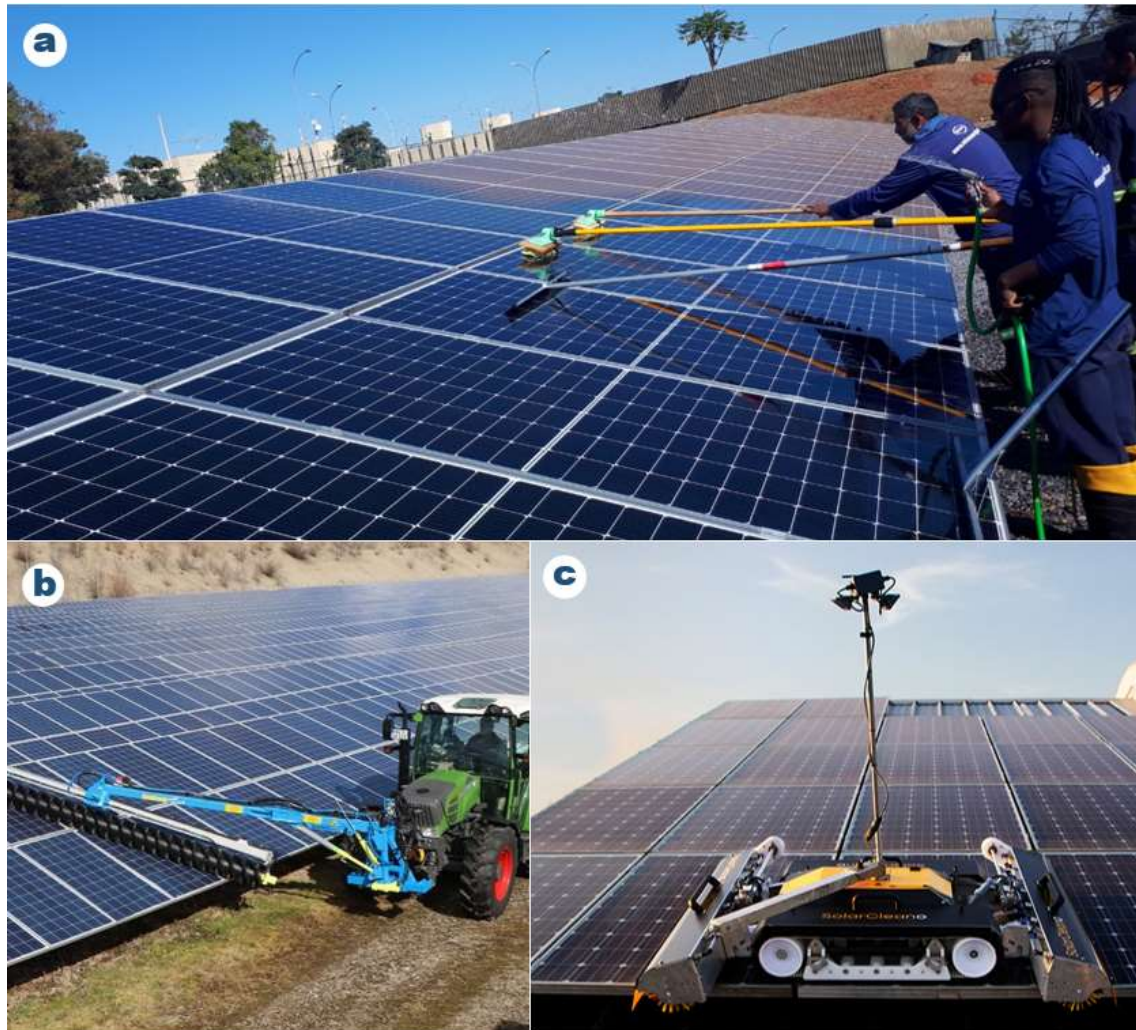
Figura 45 – Limpeza das placas fotovoltaicas: (a) manual e (b, c) automatizada.

Com relação à identificação de falhas, as inspeções termográficas se revelam como um método de manutenção eficaz, cujo diagnóstico não destrutivo, rápido, eficaz e viável economicamente, que pode ser realizado com a usina FV em operação. Por outro lado, um fator importante a ser considerado é a dificuldade da manutenção do sistema em altura, para o caso de telhados ou lajes impermeabilizadas, devido à complexidade de acesso, fornecimento de água e segurança de pessoa.

Figura 46 – Inspeção termográfica dos módulos fotovoltaicos.

PRINCIPAIS VANTAGENS

1. **Baixo impacto ambiental**
2. **É uma fonte de energia renovável**
3. **Produção de energia silenciosa**
4. **Vida útil elevada dos painéis: 25 anos, aproximadamente**
5. **Facilidade de instalação**
6. **Necessidade mínima de manutenção**
7. **Economia na conta de energia**
8. **Tempo de retorno do investimento: 5 anos, aproximadamente**
9. **Valorização do imóvel**
10. **Os equipamentos fotovoltaicos podem ser reciclados**

As normativas brasileiras relacionadas à geração de energia fotovoltaica, são as seguintes:

- ABNT NBR 16274/2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede
- ABNT NBR 5410/2004 - Instalações elétricas de baixa tensão
- ABNT NBR 16690/2019 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos

Diretrizes da DOM

Para as novas obras do Sistema de Obras Militares, é desejável que todas as construções novas possuam geração de energia fotovoltaica.

9 CONSIDERAÇÓES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento deste caderno técnico, foram exploradas diversas sistemáticas e práticas efetivas da construção civil, voltadas a incorporação de sustentabilidade em projetos no âmbito do Sistema de Obras Militares (SOM) do Exército Brasileiro (EB). A busca incansável por sistemas e materiais construtivos não apenas atende às demandas contemporâneas por responsabilidade ambiental, mas também contribui para a eficiência operacional, a redução de custos e a criação de ambientes mais salutares e duradouros para todo o público da família Militar.

É de suma importância destacar que a sustentabilidade não é apenas uma jornada estática, mas sim um compromisso contínuo com a presença de melhoria em nossas obras. Novas técnicas construtivas e abordagens estão constantemente emergindo no âmbito global, sendo essencial a permanente atualização dos profissionais envolvidos, perante as melhores práticas e inovações no campo da Engenharia.

Durante a futura implementação desses sistemas e materiais construtivos, será crucial reconhecer os desafios associados à busca de soluções inovadoras. A obtenção de projetos sustentáveis muitas vezes requer uma abordagem integrada, envolvendo colaboração entre profissionais de diversas disciplinas, desde arquitetos até engenheiros e especialistas em gestão ambiental, perpassando as barreiras do atual conhecimento técnico e entrando em uma profunda mudança cultural na forma de concepção e execução dos projetos.

Ao concluir este caderno técnico, é imperativo ressaltar que a melhoria continua atrelada à sustentabilidade na construção civil não é apenas uma escolha ética, mas uma necessidade para as gerações presentes e futuras. Cada decisão tomada durante o ciclo de vida de uma obra poderá impactar significativamente na economia de recursos públicos, no meio ambiente e na família militar como um todo, desempenhando um papel fundamental na construção de um mundo mais equitativo e ambientalmente consciente.

10 AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão ao ITIE (Instituto de Tecnologias de Industrialização das Edificações) pelos conhecimentos compartilhados.

Ao IME (Instituto Militar de Engenharia) pela valiosa colaboração na realização deste caderno.

A parceria com essas duas instituições de excelência foi fundamental para o desenvolvimento e enriquecimento dos conteúdos aqui apresentados, além de proporcionar uma troca de conhecimentos essencial para a abordagem dos métodos modernos de construção.

Agradecemos também aos pesquisadores e profissionais envolvidos, militares e civis, que com sua expertise e dedicação contribuíram para tornar este trabalho possível. Sem o apoio e o envolvimento de todos, este projeto não teria alcançado a qualidade que possui.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente, nosso mais sincero reconhecimento e agradecimento.

Brasília, 10 de Abril de 2025

Documento assinado digitalmente
gov.br LARISSA TEIXEIRA ANGUETH DE ARAUJO
Data: 10/04/2025 13:59:51-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

LARISSA TEIXEIRA ANGUETH DE ARAUJO – SC
Adjunto da Seção de Estudos e Projetos da DOM (S2/DOM)

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDRE LUIZ DE LIMA SIMOES
Data: 10/04/2025 16:34:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

ANDRE LUIZ DE LIMA SIMOES - SC
Adjunto da 11° Comissão Regional de Obras (CRO/11)

Documento assinado digitalmente
gov.br LARA MONALISA ALVES DOS SANTOS
Data: 10/04/2025 14:17:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

LARA **MONALISA** ALVES DOS SANTOS – 1º Ten
Adjunto da Seção de Estudos e Projetos da DOM (S2/DOM)

Documento assinado digitalmente
gov.br ANDERSON LOPES DA COSTA DANTAS
Data: 10/04/2025 14:03:51-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

ANDERSON LOPES DA COSTA **DANTAS** – 1° Ten
Adjunto da Seção de Estudos e Projetos da DOM (S2/DOM)

ASSINADO DIGITALMENTE
LARISSA POLLI DA COSTA DE ALBUQUERQUE
A conformidade com a assinatura pode ser verificada em:
http://serpro.gov.br/assinador-digital
SERPRO

LARISSA POLLI DA COSTA DE **ALBUQUERQUE** – Cap QEM
Adjunto da Seção de Estudos e Projetos da DOM (S2/DOM)

Documento assinado digitalmente
gov.br LAURO CESAR QUEIROZ DE MORAES SILVA
Data: 10/04/2025 16:50:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

LAURO CESAR QUEIROZ DE MORAES SILVA – Maj QEM
Adjunto da Seção de Estudos e Projetos da DOM (S2/DOM)

ALESSANDRA CRISTINA FRABIS:96240687634
Assinado de forma digital por ALESSANDRA CRISTINA FRABIS:96240687634
Dados: 2025.04.10 16:55:42 -03'00'

ALESSANDRA CRISTINA FRABIS – Cel QEM
Chefe da Seção de Estudos e Projetos da DOM (S2/DOM)

Documento assinado digitalmente
gov.br FRANCISCO EDUARDO LIMA DE MEDEIROS
Data: 10/04/2025 17:24:17-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Gen Bda FRANCISCO EDUARDO LIMA DE MEDEIROS
Diretor de Obras Militares